

Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний університет  
«Дніпровська політехніка»

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ  
(інститут)  
ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИЙ  
(факультет)  
Кафедра СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ  
(повна назва)

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
**кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра**  
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студента Солощенко Андрія Сергійовича  
(ПІБ)  
академічної групи ЕЕ-15-1  
(шифр)  
напряму 050701 «Електротехніка та електротехнології»  
(код і назва спеціальності)  
за освітньо-професійною програмою \_\_\_\_\_  
(офіційна назва)  
на тему Обґрунтування вибору обладнання сонячної електростанції потужністю 20 МВт з 3D візуалізацією об'єкту  
(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	<u>Лисенко О.Г.</u>			
розділів:	<u>Лисенко О.Г.</u>			
Вступ:	<u>Лисенко О.Г.</u>			
Технічний	<u>Лисенко О.Г.</u>			
Спеціальний	<u>Лисенко О.Г.</u>			
Економічний	Тимошенко Л.В.			
Охорона праці	Лутс І.О.			
Рецензент				
Нормоконтролер	Олішевський Г.С.			

Дніпро  
2019

**ЗАТВЕРДЖЕНО:**

завідувач кафедри

систем електропостачання

\_\_\_\_\_  
(повна назва)

\_\_\_\_\_  
(підпис) Випанасенко С.І.  
(прізвище, ініціали)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ року

**ЗАВДАННЯ  
на кваліфікаційну роботу**

**ступеню Бакалавра**

(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студенту Солощенко А.С. **академічної групи** ЕЕ-15-1  
(прізвище та ініціали) (шифр)

напряму 050701 «Електротехніка та електротехнології»  
(код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
(офіційна назва)

на тему Обґрунтування вибору обладнання сонячної електростанції потужністю 20 МВт з 3D візуалізацією об'єкту

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 17.04.2019 № 626-л

Розділ	Зміст	Термін виконання
Вступ	Виконати аналіз поточного режиму роботи ... визначити проблеми експлуатації електрообладнання.	15.05.19
Технічний розділ	Виконати обґрунтований вибір основного електрообладнання ...	25.05.19
Спеціальний розділ	Виконати розрахунок основного електрообладнання	31.05.19
Економічний	Визначити техніко-економічні показники проекту: капітальні та експлуатаційні витрати, термін окупності проекту.	05.06.19
Охорона праці	Розробка інженерно-технічних заходів з охорони праці при експлуатації об'єкту.	10.06.19

**Завдання видано**

\_\_\_\_\_  
(підпис керівника)

Лисенко О.Г.  
(прізвище, ініціали)

**Дата видачі** 26.04.2019

**Дата подання до екзаменаційної комісії** \_\_\_\_\_

**Прийнято до виконання**

\_\_\_\_\_  
(підпис студента)

\_\_\_\_\_  
(прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 84 с., 11 рис., 26 табл., 2 додатка, 21 джерел.

Об'єкт розроблення: Обґрунтування вибору обладнання сонячної електростанції потужністю 20 МВт з 3D візуалізацією об'єкту.

Мета дипломного проекту: Моделювання об'єктів енергетики у 3D та компонування розподільчого пункту та комплектних трансформаторних підстанцій

В дипломному проекті було спроектовано сонячну електростанцію 20 МВт і зроблено 3D візуалізація компонентів станції.

Вступна частина описує де знаходиться сонячна електростанція актуальні проблеми та рішення альтернативних джерел енергії. Застосування зеленого тарифу. Що таке проектування в 3D.

Технічний розділ описує технічні характеристики та кількість компонентів. Показує компоновку розташування елементів енергетики.

В спеціальному розділі виконані розрахунки електрообладнання. Алгоритм моделювання сонячної панелі. 3D модель кожного елемента.

Було викладено все необхідні правила знаходження біля установок з різними ступенями напруги «Охорона праці». Здійснена перевірка захисного заземлення головних елементів електростанції на всіх рівнях напруги.

В економічному розділі було розраховано капітальні затрати та експлуатаційні витрати.

В дипломній роботі показане проектування сонячної електростанції та візуалізація її в 3D

## Зміст

ВСТУП.....	2
Розділ 1. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ.....	9
1.1 Конфігурація сонячної електростанції.....	9
1.2 Технологічні рішення.....	9
1.3 Фотоелектричні модулі	10
1.4 Мережі постійного струму	16
1.5 Інвертори	17
1.6 Мережі 0,48 кВ генерованих потужностей	18
1.7 Комплектна трансформаторна підстанція	19
1.8 Розподільчі мережі 35 кВ	20
1.9 Розподільчий пункт 35 кВ	21
1.10 Мережі 0,4 кВ власних потреб	23
1.11 Блискавкозахист та заземлення	24
Розділ 2. СПЕЦІАЛЬНИЙ	27
2.1 3D моделювання об'єктів	
2.1 Вибір інверторів, ФЕМ та визначення їх кількості	28
2.2 Вибір комплектних трансформаторних підстанцій та їх комплектуючих	30
2.3 Розподільчий пункт (РП 35 кВ)	37
2.4 Вибір перерізу провідників від інверторів до КТП і від КТП до РП	40
2.5 Автономна частина станції	43
Розділ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ	45
3.1 Перелік основних нормативних документів	46
3.2 Заходи щодо забезпечення безпеки процесів	46
3.3 Охорона праці та виробнича санітарія	48
3.4 Електробезпека	49
3.5 Протипожежні заходи	49
3.6 Оцінка можливості виникнення та розвиток аварійних ситуацій	51
3.7 Розрахунок захисного заземлення	52
Розділ 4. ЕКОНОМІЧНИЙ	56
4.1 Розрахунок капітальних витрат	58
4.2 Розрахунок експлуатаційних витрат	61

## СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

- ФЕМ – фотоелектричний модуль
- КТП – комплектна трансформаторна підстанція
- РП – розподільчий пункт
- СЕС – сонячна електростанція
- ВР – верховна рада
- ККД – коефіцієнт корисної дії
- КЛ – кабельна лінія
- ОПН – обмежувач перенапруги
- ТОВ – товариство з обмеженою відповідальністю
- ТМГ – трифазний масляний герметичний
- ВН – висока напруга
- НН – низька напруга
- УВН – пристрою вищої напруги
- ДБН – державні будівельні норми
- ДСТУ – державний стандарт України
- ОЗЗ – однофазне замикання на землю
- МСЗ – максимальний струмовий захист
- ПС – підстанція
- МП – мікропроцесорний пристрій

# Вступ

На сьогоднішній день користуються високою популярністю та набирають все більшого розмаху сонячні електростанції, їх використовують як у приватних будинках, так і у промисловості.

Основними перевагами сонячної енергії, як і інших джерел відновлювальної енергії є те, що вона дозволяє вирішити ряд глобальних світових проблем, пов'язаних з дефіцитом енергії, забрудненням навколишнього середовища, постійним зростання тарифів житлово-комунальних послуг.

Електрична енергія, вироблена з енергії сонячного випромінювання та/або енергії вітру об'єктами електроенергетики (генеруючими установками) приватних домогосподарств, величина встановленої потужності яких не перевищує 30 кВт, придбавається енергопостачальниками, що здійснюють постачання електричної енергії за регульованим тарифом на території провадження ліцензійної діяльності, за "зеленим" тарифом в обсязі, що перевищує місячне споживання електроенергії такими приватними домогосподарствами.

Чинне законодавство України та наявність «Зеленого тарифу», створює привабливі умови для інвестицій в сонячну енергетику. Привабливість проектів з будівництва сонячних електростанцій полягає у достатньо швидкому рівні окупності (строк повернення інвестицій від такого проекту складає близько 4-6 років).

Побутовий споживач має право на встановлення у своєму приватному домогосподарстві генеруючої установки, призначеної для виробництва електричної енергії з енергії сонячного випромінювання та/або енергії вітру, величина встановленої потужності якої не перевищує 30 кВт, але не більше потужності, дозволеної до споживання за договором про користування електричною енергією. Виробництво електроенергії з енергії сонячного випромінювання та/або енергії вітру приватними домогосподарствами здійснюється без відповідної ліцензії. Порядок продажу та обліку такої електроенергії, а також розрахунків за неї затверджується національною

комісією, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг.

### Зелений тариф

Зелений" тариф - тариф, за яким оптовий ринок електричної енергії України зобов'язаний закуповувати електричну енергію, вироблену на об'єктах електроенергетики з альтернативних джерел енергії.

"Зелений" тариф для суб'єктів господарювання, які виробляють електричну енергію з енергії сонячного випромінювання, встановлюється на рівні роздрібного тарифу для споживачів другого класу напруги на січень 2009 року, помноженого на коефіцієнт "зеленого" тарифу для електроенергії, виробленої з енергії сонячного випромінювання. Для суб'єктів господарювання та приватних домогосподарств, які виробляють електричну енергію з використанням альтернативних джерел енергії, "зелений" тариф встановлюється до 1 січня 2030 року.

Фіксований мінімальний розмір "зеленого" тарифу для суб'єктів господарювання та приватних домогосподарств встановлюється шляхом перерахування у євро "зеленого" тарифу, розрахованого за правилами цього

Закону, станом на 1 січня 2009 року за офіційним валютним курсом Національного банку України на зазначену дату. «Зелений» тариф - спеціальний тариф, за яким закуповується електрична енергія, вироблена на об'єктах електроенергетики, що використовують альтернативні джерела енергії. (ВР України, Закон "Про електроенергетику" від 16.10.1997 N 575/97-ВР).

Важливими пунктами законодавства є положення про те, що виробники енергії з відновлюваних джерел енергії мають право на:

1. Гарантоване підключення до існуючих енергетичних мереж.
2. Гарантоване придбання енергопостачальними організаціями всієї енергії, виробленої з відновлюваних джерел.
3. Незмінність тарифів, за якими купується енергії протягом термінів їх дії.

Відповідно до підписаної Угоди про Асоціацію з ЄС (Стаття 338, Глава 1, Розділ V), Україна взяла на себе додаткові зобов'язання щодо поступової



інтеграції електроенергетичної системи України до європейської електроенергетичної мережі, а також стимулювання виробництва енергії з поновлюваних джерел енергії.

З 1 січня 2019 року НКРЕКП ввела у дію нові "зелені" тарифи на електрику для приватних господарств, залежно від дати вводу в експлуатацію, у новому році будуть такими:

Для приватних домогосподарств, які виробляють електрику з енергії сонячного випромінювання об'єктами електроенергетики, які вмонтовані (встановлені) на дахах та / або фасадах приватних домогосподарств (будинків, будівель та споруд), величина встановленої потужності яких не перевищує 30 кВт, та які введені в експлуатацію встановлені такі тарифи:

- з 01 січня 2017 року по 31 грудня 2019 року - 550,21 коп/кВт·год (без ПДВ);
- з 01 січня 2020 року по 31 грудня 2024 року - 494,54 коп/кВт·год (без ПДВ);
- з 01 січня 2025 року по 31 грудня 2029 року - 440,50 коп/кВт·год (без ПДВ).

#### Загальні положення

Робочий проект " Нове будівництво сонячної електростанції ПП "НАЦПРОД" потужністю 19,5 МВт сільська рада с. Мала Білозерка (за межами населеного пункту) Василівського р-ну Запорізької області (кадастровий номер земельної ділянки - 2320983300:07:023:0020)"

В с. Мала Білозерка, Запорізька обл., Василівський р-н для перетворення сонячного випромінювання в електроенергію передбачено будівництво сонячної електростанції (СЕС).

СЕС складається з масиву фотоелектричних модулів, інверторів (для отримання змінного струму), комплектних трансформаторних підстанцій (КТП 35/0,48 кВ для підвищення напруги та передачі електроенергії) та розподільчого пункту 35 кВ (для збору потужності СЕС та її видачі в мережі ПАТ «Запоріжжяобленерго»).

Відповідно до завдання на проектування передбачувана генерована потужність складає 19,5 МВт.

Розрахунковий облік генерованої потужності встановлюється на вводі РП 35 кВ і РУ-0,48 кВ проєктованих КТП 35/0,48 кВ та на стороні 0,4 кВ трансформатору власних потреб на РП 35 кВ.

В даній дипломній роботі актуальність полягає в тому, що все більше і більше замовників хочуть йти в ногу з часом. Їм для поняття картини будівництва об'єкта вже мало звичайних креслень. Тому все більше набуває популярність моделювання проєктів у 3D. Основною задачею моделювання служить уявлення про майбутнє об'єкта або предмета адже для того, щоб випустити який-небудь об'єкт необхідно чітко розуміння його конструктивних особливостей в найдрібніших деталях для подальшого відтворення в промисловому дизайні або архітектурі.

Тривимірне моделювання має ряд переваг і приємну особливість ще на ранній стадії отримувати реалістичне і докладне уявлення майбутньої 3D моделі яка можливо існує тільки на етапі креслення або того простіше на стадії ідеї. Тим самим ми маємо можливість від ідеї перейти до глибшого проєктування і відтворення кінцевого результату.

Завдяки моделювання об'єкта у 3D можна рішити такі завдання як: економія часу на створення моделей які в подальшому будуть використовувати в будівництві, при використанні 3D моделі, у виконавця виходить більш докладно у всіх деталях та нюансах донести до замовника і кінцевого споживача всі переваги і особливості продукту.

За часту замовник більш охоче приймає рішення в позитивну сторону, тим самим скорочуються терміни, не до розуміння при цьому просто зникає. 3D модель проєкту дозволяє донести весь зміст запропонованого.

# **1.Технологічний розділ**

## 1.1 Конфігурація сонячної електростанції

Даним комплектом робочої документації передбачено проектування сонячної електростанції сумарною потужністю 19,5 МВт, яка складається із одинадцяти полів встановленою потужністю: поле С, D, E, F, G, H, I, K - 1800 кВт (пік), поле J – 1740 кВт, поле А, В - 1680 кВт (пік). Для перетворення сонячного випромінювання в електроенергію постійного струму на опорних конструкціях встановлюється масив фотоелектричних модулів (ФЕМ) типу RSM72-6-345М з максимальною потужністю 345 Вт (пік). ФЕМ послідовно з'єднуються кабелями постійного струму (PV кабелями) перерізом 1х6 мм<sup>2</sup> в збірки по 17 сонячних модулів.

Далі генерована потужність від збірок ФЕМ за допомогою PV кабелів передається до інверторів постійного струму в змінний типу TRIO-TM-60.0-480 та PVS-120-TL.

Від інверторів генерована потужність кабельними лініями марки АПВВГ-1, , перерізом жил 3х240+1х120 мм<sup>2</sup>, 3х185+1х95 мм<sup>2</sup>, 3х150+1х70 мм<sup>2</sup> та 3х120+1х70 мм<sup>2</sup> передається до КТП 35/0,48 кВ з підвищувальними трансформаторами потужністю 2000 кВА.

Внутрішньомайданчикові мережі 35 кВ виконано кабельною лінією. Для прокладки лінії 35 кВ в траншеї типу Т-11 та Т-13 передбачено кабелі марки: АПВЕгаПу-35 перерізом жили 1х70 мм<sup>2</sup> та екрану 35 мм<sup>2</sup>, 1х95 мм<sup>2</sup> та екрану 35 мм<sup>2</sup>.

## 1.2 Технологічні рішення

В даному розділі розробляються основні рішення проекту. Технологічні рішення містять в собі систему мереж на об'єкті. Для більш раціонального сумісного розміщення на площадці, усі мережі зведені на один план. Розділ складається з наступних частин :

- Схема електрична головна
- Ситуаційний план фото полів
- Зведений план електричних мереж :

- Мережі 0,48 кВ генерованих потужностей
- Мережі постійного струму
- Розподільчі мережі 35 кВ
- Мережі 0,4 кВ власних потреб
- Заземлення

### 1.3 Фотоелектричні модулі

Точні розрахунки та інжиніринг систем енергопостачання з відновлювальними джерелами енергії є запорукою їх продуктивної та безаварійної експлуатації, істотної економії ресурсів і мінімізації зовнішнього енергоспоживання. Для правильного розрахунку таких систем енергопостачання і обліку різних параметрів, що впливають на їх продуктивність, використовуються спеціальні програми, автокалькулятори і статистичні метеодані - сонячна інсоляція, швидкість вітру, температура та інші умови. Не існує єдиного підходу до розрахунку всіх типів систем, тому виділимо основні параметри.

#### 1. Кут нахилу панелей.

Кут нахилу розраховується за наступною формулою:

$$\text{Кут нахилу панелі} = \text{широта} \times 0,76 + 3,1^{\circ}.$$

Якщо є можливість двічі на рік змінювати кут нахилу сонячних панелей (з "літнього" на "зимовий"), то взимку потрібно додати 10-15 градусів, а влітку потрібно відняти 10-15 градусів від отриманого значення. Координати місця встановлення ФЕС можуть бути визначені з онлайнкарт або прийняті з таблиці 1 для обласних центрів та деяких міст України.

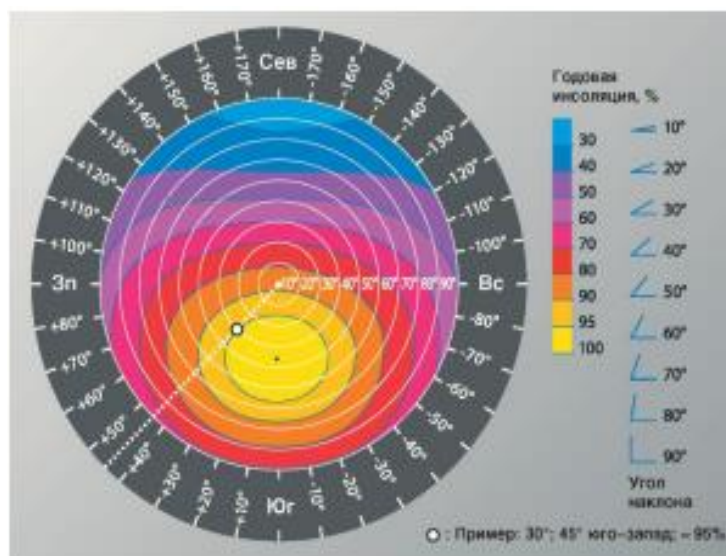
Таблиця 1 – Координати обласних центрів України

Місто	Широта	Довгота
Бориспіль	50° 21' пн.ш.	30° 57' сх.д.
Вінниця	49° 14' пн.ш.	28° 29' сх.д.
Дніпро	48° 27' пн.ш.	34° 59' сх.д.
Житомир	50° 16' пн.ш.	28° 40' сх.д.
Запоріжжя	47° 50' пн.ш.	35° 10' сх.д.
Івано-Франківськ	48° 55' пн.ш.	24° 43' сх.д.
Київ	48° 18' пн.ш.	25° 56' сх.д.
Кропивницький	48° 30' пн.ш.	32° 18' сх.д.
Луцьк	50° 44' пн.ш.	25° 20' сх.д.
Львів	49° 50' пн.ш.	24° 00' сх.д.
Миколаїв	46° 58' пн.ш.	32° 00' сх.д.
Одеса	46° 28' пн.ш.	30° 44' сх.д.
ПОЛТАВА	49° 35' пн.ш.	34° 34' сх.д.
Рівне	50° 37' пн.ш.	26° 15' сх.д.
Суми	50° 55' пн.ш.	34° 45' сх.д.
Тернопіль	49° 34' пн.ш.	25° 36' сх.д.
Ужгород	48° 37' пн.ш.	22° 18' сх.д.
Харків	50° 00' пн.ш.	36° 15' сх.д.
Херсон	46° 38' пн.ш.	32° 35' сх.д.
Чернігів	51° 30' пн.ш.	31° 18' сх.д.
Чернівці	48° 18' пн.ш.	25° 56' сх.д.

## 2. Орієнтація за сторонами світу.

Визначення поправочного коефіцієнту KW при орієнтації панелей за сторонами світу.

Рис. 1. Визначення поправочного коефіцієнта на розташування сонячних фотомодулів



Користування діаграмою: за широтою місцевості і орієнтації панелей за сторонами світу за оптимального кута нахилу знаходиться поправочний коефіцієнт  $K_w$ .

### 3. Номінальні параметри ФЕС

STC (Standard Test Conditions), що визначає стандартні тестові умови:

- рівень інсоляції повинен бути 1000 Вт на м<sup>2</sup>;
- температура сонячного модуля – 25°C;
- спектр випромінювання повинен відповідати відносній масі атмосфери 1,5;
- швидкість вітру 0 м/с.

Це відповідає орієнтації панелей на південь під кутом до горизонту в 37 ° і модулює наближені до весняних умов роботи модуля, на який сонячні промені опівдні падають перпендикулярно поверхні. На практиці це означає, що тільки деколи фотопанелі зможуть видавати заявлену виробником потужність, вираховану за стандартом STC. Будь-яке відхилення від стандарту, наприклад, кута падіння сонячних променів або температури модуля буде призводити до зниження фактично вироблюваної потужності. NOCT (Nominal Operating Cell Temperature) - температура модуля при типових умовах експлуатації, яке стало однією з основних характеристик панелей.

NOCT визначається за таких умов:

- інсоляція 800 Вт/м<sup>2</sup>;
- температура повітря 20°C;
- орієнтації модуля на ПД.

Чим нижче NOCT панелі, тим краще вона буде працювати. Залежно від використовуваних матеріалів і якості монтажу, температура модуля може бути на 15-30°C вище температури навколишнього середовища. Чим вище це значення, тим більше енергії буде втрачатися.

Завжди потрібно звертати увагу на параметр NOCT при виборі фотомодуля

- у якісного виробника він не перевищує 47 ° С. Так само, дуже важливо знати, що NOCT має на увазі відкриту задню поверхню модуля для можливості

природного охолодження, ось чому необхідно при монтажі завжди залишати зазор між панелями і покрівлею. В іншому випадку, панелі перегріються і їх коефіцієнт корисної дії впаде. За допомогою NOCT можна перерахувати потужність, заявлену в стандарті STC на більш реалістичний PTC (Photovoltaics Test Conditions), який враховує вже не температуру самого сонячного елемента, а температуру навколишнього середовища. Очікувана температура модуля обчислюється з NOCT за формулою:

$$T_{PTC} = 20 + 1,389 \times (NOCT - 20) \times (0,9 - \eta)$$

Значення  $(0,9 - \eta)$  відображає частку сонячної енергії, що досягає модуля і перетворюється в тепло. Передбачається, що 10% енергії відбивається. Частина енергії перетворюється в електрику - це корисна енергія модуля, ККД, відсоток якого вказано в технічних характеристиках. Якщо температура елемента для умов PTC визначена, то можна обчислити потужність по PTC з потужності STC за допомогою температурного коефіцієнта (зазначеного в технічних характеристиках) потужності (СТ):

$$P_{PTC} = P_{STC} \cdot [1 - CT (T_{PTC} - 25^{\circ}\text{C})]$$

Оптимальним є значення співвідношення  $P_{PTC} / P_{STC}$ , що перевищує 88%. Якщо при перерахунку потужності на більш реальний стандарт панель втрачає понад 12% енергії, то її виробника можна вважати недобросовісним і використовувати такі панелі не рекомендується.



Таблиця 2 – Середньомісячний рівень сонячної іррадіації (інсоляції) в містах України (кВт·год/(м<sup>2</sup>·день)

Дані NASA за останні 20 років													
Регіони / Місяці	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень	Січень
Сімферополь	1,27	2,06	3,05	4,3	5,44	5,84	6,2	5,34	4,07	2,67	1,55	1,07	3,58
Вінниця	1,07	1,89	2,94	3,92	5,19	5,3	5,16	4,68	3,21	1,97	1,1	0,9	3,11
Луцьк	1,02	1,77	2,83	3,91	5,05	5,08	4,94	4,55	3,01	1,83	1,05	0,79	2,99
Дніпро	1,21	1,99	2,98	4,05	5,55	5,57	5,7	5,08	3,66	2,27	1,2	0,96	3,36
Донецьк	1,21	1,99	2,94	4,04	5,48	5,55	5,66	5,09	3,67	2,24	1,23	0,96	3,34
Житомир	1,01	1,82	2,87	3,88	5,16	5,19	5,04	4,66	3,06	1,87	1,04	0,83	3,04
Ужгород	1,13	1,91	3,01	4,03	5,01	5,31	5,25	4,82	3,33	2,02	1,19	0,88	3,16
Запоріжжя	1,21	2	2,91	4,2	5,62	5,72	5,88	5,18	3,87	2,44	1,25	0,95	3,44
Івано-Франківськ	1,19	1,93	2,84	3,68	4,54	4,75	4,76	4,4	3,06	2	1,2	0,94	2,94
Київ	1,07	1,87	2,95	3,96	5,25	5,22	5,25	4,67	3,12	1,94	1,02	0,86	3,1
Кропивницький	1,2	1,95	2,96	4,07	5,47	5,49	5,57	4,92	3,57	2,24	1,14	0,96	3,3
Луганськ	1,23	2,06	3,05	4,05	5,46	5,57	5,65	4,99	3,62	2,23	1,26	0,93	3,34
Львів	1,08	1,83	2,82	3,78	4,67	4,83	4,83	4,45	3	1,85	1,06	0,83	2,92
Миколаїв	1,25	2,1	3,07	4,38	5,65	5,85	6,03	5,34	3,93	2,52	1,36	1,04	3,55
Одеса	1,25	2,11	3,08	4,38	5,65	5,85	6,04	5,33	3,93	2,52	1,36	1,04	3,55
Полтава	1,18	1,96	3,05	4	5,4	5,44	5,51	4,87	3,42	2,11	1,15	0,91	3,25
Рівне	1,01	1,81	2,83	3,87	5,08	5,17	4,98	4,58	3,02	1,87	1,04	0,81	3,01
Суми	1,13	1,93	3,05	3,98	5,27	5,32	5,38	4,67	3,19	1,98	1,1	0,86	3,16
Тернопіль	1,09	1,86	2,85	3,85	4,84	5	4,93	4,51	3,08	1,91	1,09	0,85	2,99
Харків	1,19	2,02	3,05	3,92	5,38	5,46	5,56	4,88	3,49	2,1	1,19	0,9	3,26
Херсон	1,3	2,13	3,08	4,36	5,68	5,76	6	5,29	4	2,57	1,36	1,04	3,55
Хмельницький	1,09	1,86	2,87	3,85	5,08	5,21	5,04	4,58	3,14	1,98	1,1	0,87	3,06
Черкаси	1,15	1,91	2,94	3,99	5,44	5,46	5,54	4,87	3,4	2,13	1,09	0,91	3,24
Чернігів	0,99	1,8	2,92	3,96	5,17	5,19	5,12	4,54	3	1,86	0,98	0,75	3,03
Чернівці	1,19	1,93	2,84	3,68	4,54	4,75	4,76	4,4	3,06	2	1,2	0,94	2,94

Для перетворення сонячного випромінювання в електроенергію постійного струму проектом передбачено встановлення фотоелектричних модулів ФЕМ типу RSM72-6-345M, виробництва «Risen». Модулі виготовлені з монокристалічного кремнію. До складу модуля входить приєднувальна коробка, яка інтегрована в його конструкцію. Кожна коробка має подовжені виводи (два PV кабеля довжиною 1200 мм кожен) з конекторами плюсового і мінусового виводів для швидкої комутації та виключення помилкових з'єднань. Модуль обрамлений в алюмінієву раму з технологічними отворами для його механічної фіксації на опорних металевих конструкціях (столах). Основні технічні характеристики ФЕМ наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 3 Технічні характеристики ФЕМ

<i>Параметр</i>	<i>Величина</i>	
<u><i>Електричні параметри</i></u>	<u><i>STC</i></u>	<u><i>NOCT</i></u>
<i>Максимальна потужність, Вт</i>	<i>345</i>	<i>252,4</i>
<i>Напруга максимальної потужності, В</i>	<i>38,5</i>	<i>35,5</i>
<i>Струм максимальної потужності, А</i>	<i>8,97</i>	<i>7,11</i>
<i>Ефективність модуля STC, %</i>	<i>17,8</i>	
<i>Максимальна напруга збірки, В</i>	<i>1000</i>	
<u><i>Температурні характеристики</i></u>		
<i>Температурний коефіцієнт для потужності, %/°C</i>	<i>-0,39</i>	
<i>Температурний коефіцієнт для напруги холостого ходу, %/°C</i>	<i>-0,32</i>	
<i>Температурний коефіцієнт для струму короткого замикання, %/°C</i>	<i>0,05</i>	
<u><i>Механічні параметри</i></u>		
<i>Діапазон робочих температур, °C</i>	<i>-40...+85</i>	
<i>Номінальна робоча температура чарунок (NOCT), °C</i>	<i>45±2</i>	
<i>Габаритні розміри, мм</i>	<i>1956 x 992 x 40</i>	
<i>Маса, кг</i>	<i>24</i>	

ФЕМ встановлюються на комплект опорних металоконструкцій (стіл) з кутом нахилу 22°. Опорні металоконструкції (столи) для встановлення ФЕМ виконані в розділах 1074/О-3-КМ.

Столи виконуються фотоелектричними модулями RSM72-6-345M, кожен потужністю 345 Вт, виробництва «Risen» (2 збірки по 16 сонячних модулів).

#### 1.4 Мережі постійного струму

Для підключення збірок від фотоелектричних модулів (ФЕМ) до інвертору передбачено одножильний кабель постійного струму напругою до 1 кВ (PV кабель), з мідною жилою, з подвійною ізоляцією стійкою до ультрафіолетового випромінювання марки CET SOLAR, перерізом жили 1х6 мм<sup>2</sup>.

Прокладку мереж постійного струму від ФЕМ до інвертору передбачено на конструкціях та в траншеях як сумісно з мережами 0,48 кВ та системи моніторингу, так і лише окремо в траншеях типу Т-3. Переходи PV проводів між столами виконуються в жорсткій ПВХ трубі d50 мм стійкій для ультрафіолетового випромінювання. При прокладці PV проводів в траншеї їх протягують в ПЕ трубу d25 мм, підйоми і опуски проводів виконують вздовж стійок столів в ПЕ трубі d25 мм.

1. На кожному столі розташовано по 2 ряди сонячних панелей. З'єднання одного ряду сонячних панелей здійснюється послідовно між собою, утворюючи один стрінг. З'єднання ряду панелей в один стрінг здійснюється заводськими подовженими виводами і конекторами. Кожен стрінг підключається проводом PV 6 мм<sup>2</sup>/ із застосуванням конекторів PV-C1F-S (+) та PV-C1F-S (-).

2. Кожен стрінг прокладається по конструкціях столу. Кріплення Виконати за допомогою хомутів з поліаміду 6.6 чорного кольору ДКС 3,6х290мм Арт. 25310. кожні 50-70 см.

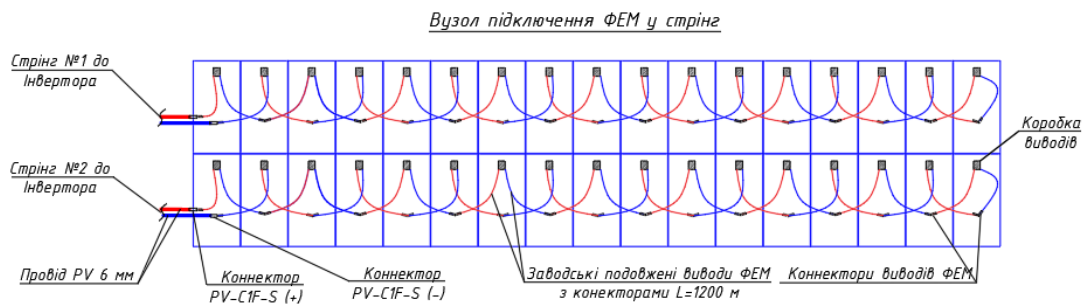
3. Прокладка стрінгів між столами (0,4 м) здійснюється в ПЕ трубі Ø40 мм довжиною 2 м. Кріплення труби до конструкції столу виконано за допомогою хомутів з поліаміду 6.6 мм чорного кольору ДКС 3,6х290мм Арт. 25310. Якщо відстань між столами в одному ряді більше 0,4 м (2,0 м) прокладка проводів від стрінгів здійснюється через траншею в ПВХ трубі Ø25 мм.

4. Прокладка проводів від стрінгів між рядами столів здійснювати в траншеї. Проводи стрінгів (не більше 4 шт) опускаються по стійці столу в одній ПВХ трубі Ø25 мм з кріпленням до неї хомутами в траншею на глибину 0,7 м, далі в траншеї прокладаються до інвертора. Інвертор встановлюється на окремо розташованих конструкціях, підйом проводів від стрінгів з траншеї так само здійснюється в

трубі ПВХ Ø25 мм. Підключення проводів від стрінгів до інвертора виконується з лівого боку.

5. Проводи стрінгів від столів одного ряду, на якому розташований інвертор опускаються до інвертору в трубі з кріпленням хомутами до конструкцій столу, на яких встановлений інвертор.

Рис. 2. З'єднання панелей у стрінги



## 1.5 Інвертор

Проектом передбачена установка інверторів постійного струму в змінний виробництва «ABB». На полі F, інвертор F.06 (марка TRIO-TM-60.0-480) має потужність 60 кВт та вихідну напругу 0,48 кВ, всі інші інвертори мають маркування PVS-120-TL з потужністю 120 кВт та вихідною напругою 0,48 кВ (162 шт). Інвертори перетворюють електроенергію постійного струму, яку виробляють фотоелектричні модулі, в електроенергію змінного трифазного струму синусоїдальної форми.

Технічна інформація даних інверторів у «Додатку 2. Datasheet ABB string inverters PVS-100/120-TL» та у «Додатку 3. Datasheet ABB string inverters TRIO-TM-60.0-480».

Рис.3 Вузол №1

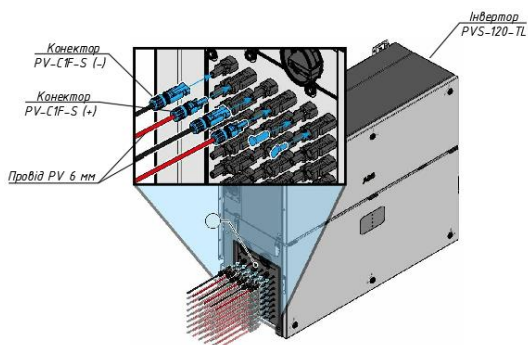


Рис.4 Вузол №2

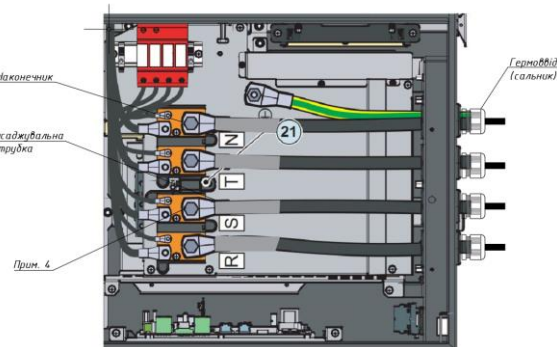
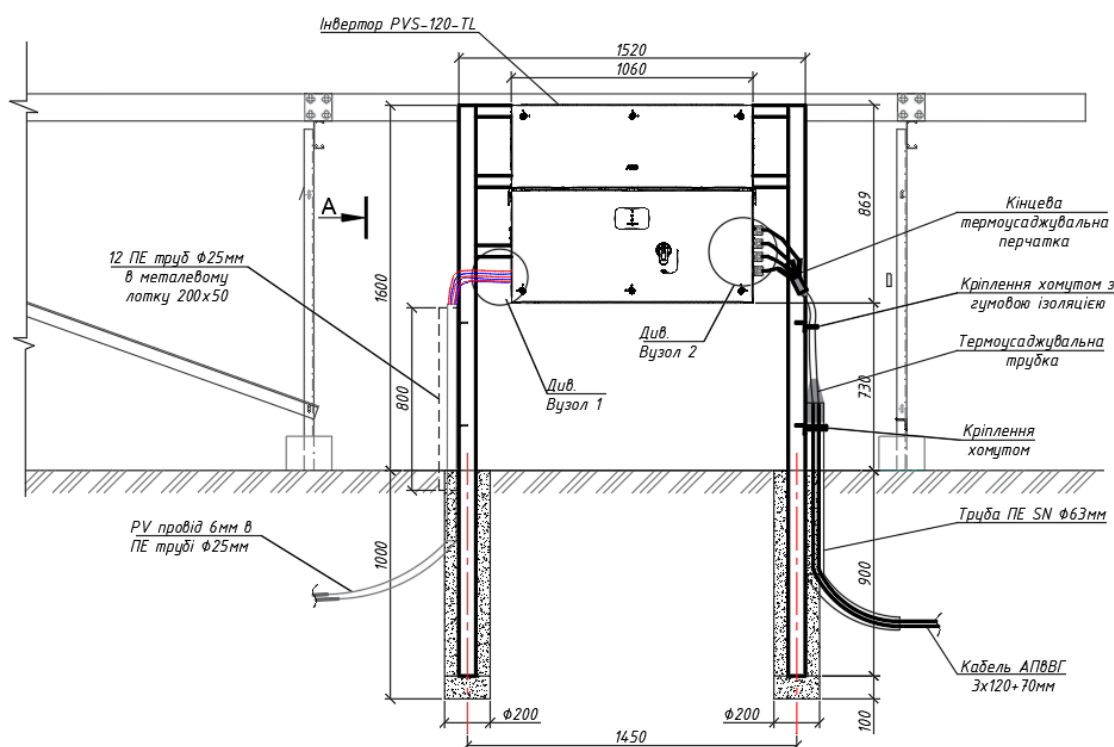


Рис. 5 План розташування та підключення інвертора PVS-120-TL



## 1.6 Мережі 0,48 кВ генерованих потужностей

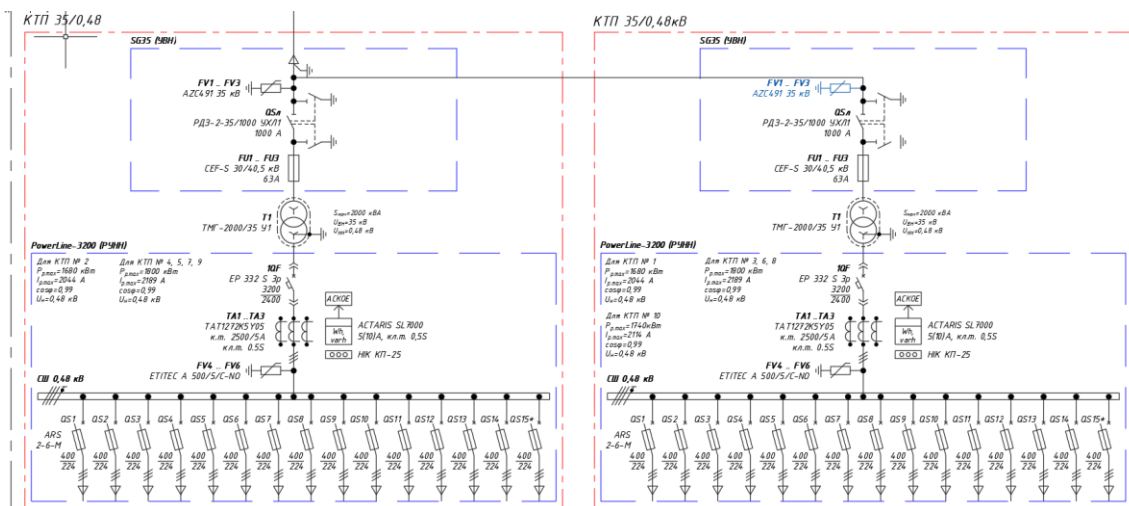
Для передачі генерованої потужності від інвертору до КТП 35/0,48 кВ з підвищувальними трансформаторами потужністю 2000 кВА застосовується кабель силовий з алюмінієвими токопровідними жилами, з ізоляцією із зшитого поліетилену типу АПвВГ-1 (ОЖ) з перерізами жил 3х120+1х70 мм<sup>2</sup>. Напрямок трас кабельних ліній вибрано з урахуванням розташування Інверторів, КТП 35/0,48 кВ та опорних стоек металоконструкцій (столів).

## 1.7 Комплектна трансформаторна підстанція

В проекті передбачено встановлення одинадцяти комплектних трансформаторних підстанцій які складаються з блоку вводу 35 кВ, блоку 35 кВ захисту трансформатора, силового масляного трансформатору типу ТМГ-2000 кВА та комплектного розподільчого пристрою низької напруги (РУНН) 0,48 кВ.

КТП №1-2 35/0,48 кВ, КТП №3-4 35/0,48 кВ, КТП №5-6 35/0,48 кВ, КТП №7-8 35/0,48 кВ та КТП №9-10 35/0,48 кВ блочної типу, блоки вводу 35 кВ з'єднані перемичкою АС-70.

Рис.6 Схема електрична принципова





способом в трубах ПЕ Ø90 мм. На перетині передбачено по одній резервній трубі ПЕ Ø90 мм. Усі труби герметизуються з обох кінців вогнестійкою піною та термоусаджувальною трубкою.

### **1.9 Розподільчий пункт 35 кВ**

Проектований розподільчий пункт 35 кВ (далі РП 35 кВ) складається з блоку вводу 35 кВ, блоку трансформатора власних потреб 35/0,4 кВ, блоку вакуумного вимикача 35 кВ, блоку кабельної лінії 35 кВ та комплектного розподільчого пристрою закритого типу (КРПЗ). Сторона РУ 35 кВ складається з металевих блоків з електротехнічним обладнанням.

Блоки 35 кВ монтуються на лежні ЛЖ-16. Встановлення лежнів виконується на бетонну підготовку С8/10 поверх ущільненого щебенем ґрунту.

КРПЗ - мобільна будівля з габаритними розмірами 4,8 х 2,4 м, висотою від підлоги до стелі 2,4м комплектної поставки. Ступінь вогнестійкості - Ша.

В будівлі передбачено розташування шаф релейного захисту і автоматики.

Фундамент КРПЗ запроектований стрічковий з бетонних блоків по бетонній підготовці.

Прокладка кабелів вторинної комутації по території РП 35 кВ виконується в надземних кабельних залізобетонних лотках.

По периметру РП 35 кВ виконується внутрішня огорожа висотою 1,6 м із сітчастих панелей.



Рис.8 Схема електрична принципова РП

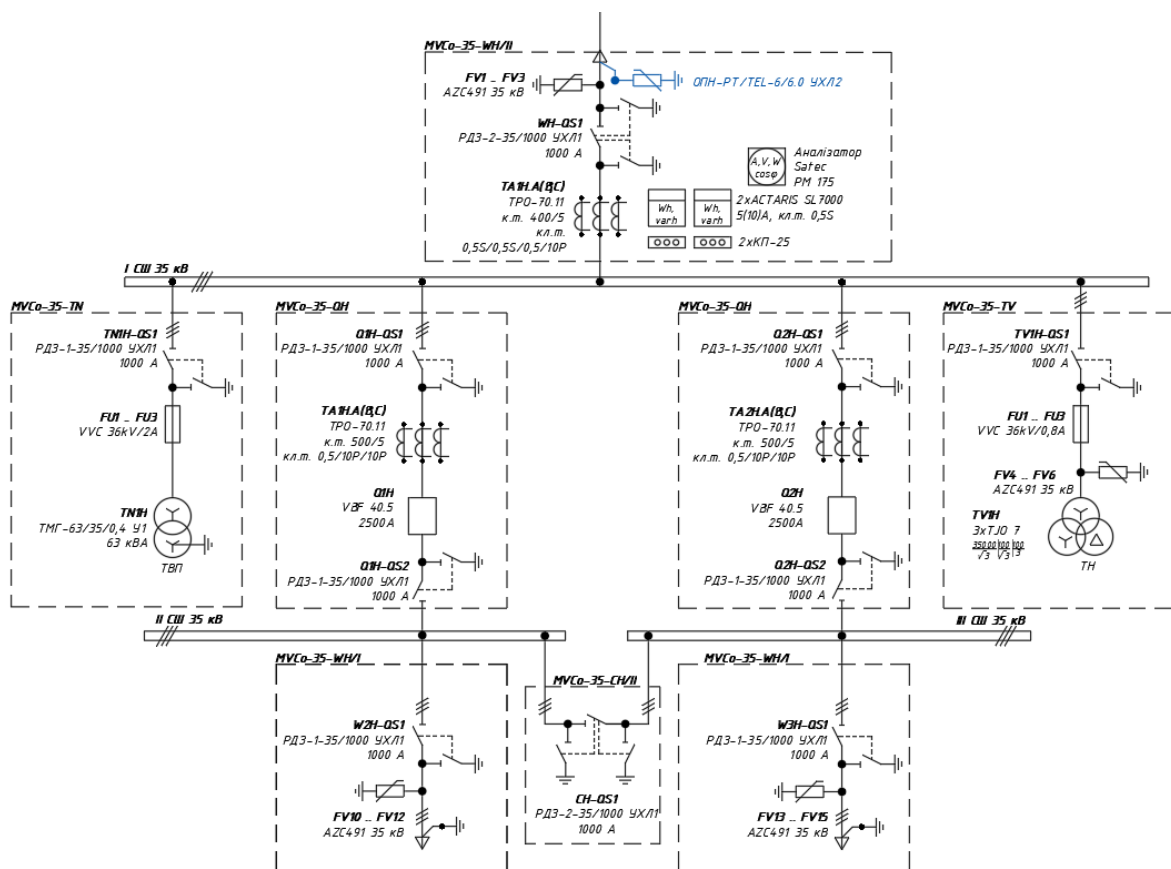


Рис.9 Переріз РП

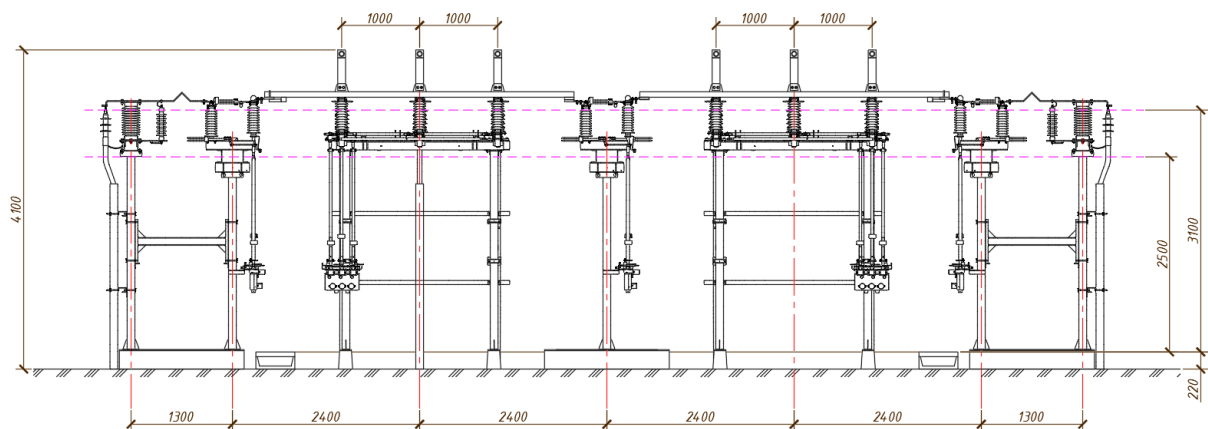
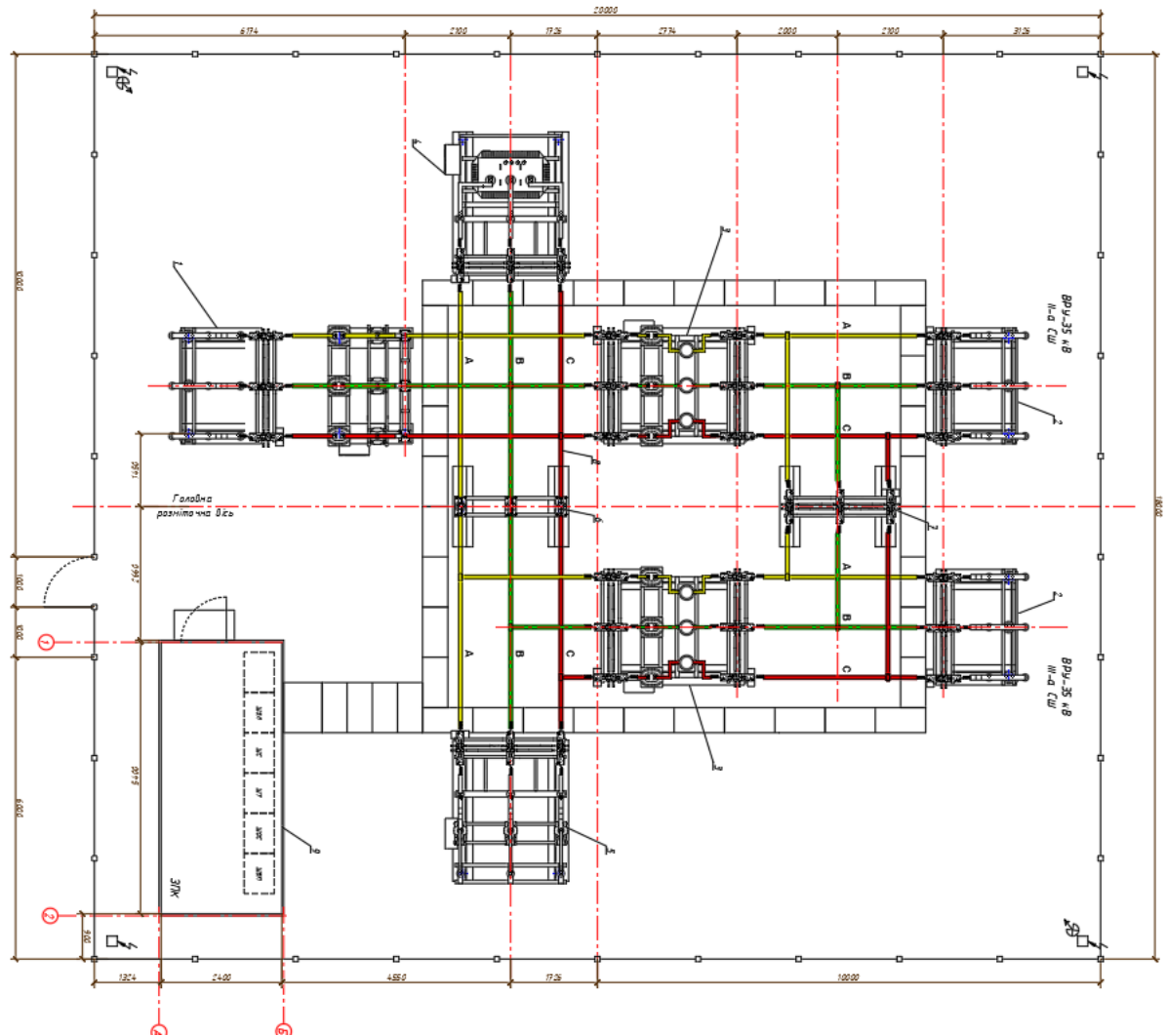


Рис.10 План встановлення обладнання РП



### 1.10 Мережі 0,4 кВ власних потреб

Мережа власних потреб живиться від трансформатора ТМГ-63/35/0,4 потужністю 63 кВА, що встановлюється на території РП 35 кВ та від пересувного дизель-генератору 30 кВт.

Від мережі власних потреб живиться: зовнішнє освітлення РП 35 кВ, внутрішні мережі (робоче освітлення та розеточні мережі) КРПЗ, кола управління, сигналізації, освітлення та обігріву шаф РЗА, внутрішні мережі, система моніторингу та обігрів КТП, вежі охорони, освітлення периметру електростанції та комутаційні бокси системи відеоспостереження, Виробничий корпус №1 та Виробничий корпус №2.

Для прокладки мережі власних потреб передбачено кабелі марки АПВВГ 3х95+1х50, АПВВГ 3х70+1х35, АПВВГ 3х35+1х16, АПВВГ 3х35+1х16, ВВГ 3х2,5.

### **1.11 Блискавкозахист та заземлення**

Для мереж 0,48 кВ генерації проектом передбачено систему заземлення типу TN-S.

Для мереж 0,4 кВ власних потреб СЕС передбачено систему заземлення типу TN-C-S.

Для запобігання ураження електричним струмом проектом передбачено приєднання до захисного заземлення:

- корпусів інверторів;
- обладнання РП 35 кВ;
- обладнання КТП 35/0,48 кВ;
- внутрішніх огорож РП та КТП;
- будівель.

Контур заземлення інверторів виконується сталевим оцинкованим кругом  $\varnothing 10$  мм. Приєднання інверторів до контуру заземлення відбувається шляхом підключення проводу ПВЗ 16 мм<sup>2</sup> до виводів контуру заземлення.

Контур заземлення РП 35 кВ та КТП 35/0,48 кВ виконується сталевією половою 40х4, заземлюючі спуски – сталевією половою 30х4. В якості вертикальних заземлювачів прийняті стрижневі глибинні заземлювачі (довжиною 3 м).

Контур заземлення РП 35 кВ та КТП 35/0,48 кВ електрично з'єднується з контуром заземлення інверторів. Місця перетину заземлюючих спусків з горизонтальними заземлювачами з'єднуються шляхом зварювання.

При улаштуванні блискавкозахисту, блискавкоприймач приєднується до контуру заземлення. Блискавкозахист РП 35 кВ виконується шляхом встановлення чотирьох блискавкоприймачів.

Блискавкозахист КТП 35/0,48 кВ виконується шляхом встановлення одиночних блискавкоприймачів.

Улаштування блискавкозахисту веж охорони виконується шляхом встановлення чотирьох комплектів блискавкоприймача (довжиною 1 м), які з'єднуються заземлюючим спуском зі стрижневими глибинними заземлювачами.

Улаштування блискавкозахисту виробничого корпусу №1 виконується шляхом встановлення двох комплектів блискавкоприймача (довжиною 3 м), які з'єднуються заземлюючим спуском зі стрижневими глибинними заземлювачами.

1. Магістральні заземлювачі (полоса 40х4 мм) прокласти на ребро по дну траншеї (550(h)х300 мм) на глибині 0,5 м. Всі з'єднання виконувати зварюванням.

2. Роботи по улаштуванню магістральних заземлювачів та вертикальних електродів виконати на нульовому циклі будівництва.

3. Все електрообладнання, що підлягає заземленню, приєднати до магістралі заземлення полосою 30х4 мм (точне місце приєднання визначити по місцю).

4. Передбачити заземлення металевого сітчастого паркану. Забезпечити неперервність металевого зв'язку між секціями огорожі шляхом приварювання панелей до стовпчиків.

5. Закріплення полоси 30х4 мм (поз. 2) до залізобетонних конструкцій виконати по місцю.

6. Прокладку елементів надземної частини ЗУ виконати відкрито та пофарбувати чорною фарбою.

7. Опір розтіканню заземлюючого пристрою повинен бути не більше 4 Ом.

8. Захист виробничого корпусу №1 виконаний шляхом застосування захисної сітки

- Надійність захисту - 0,9;

- Клас захисту - III;

9. Заглиблення вертикального заземлювача та прокладання горизонтального заземлювача виконати на 0,5м від рівня землі.

10. Опір заземлювального пристрою повинен бути не більше 10,0 Ом цілий рік.

11. В точках з'єднання провідника встановити універсальний з'єднувач NG3103ZC.

12. Заземлення виробничого корпусу №2 під'єднати до заземлення виробничого корпусу №1.

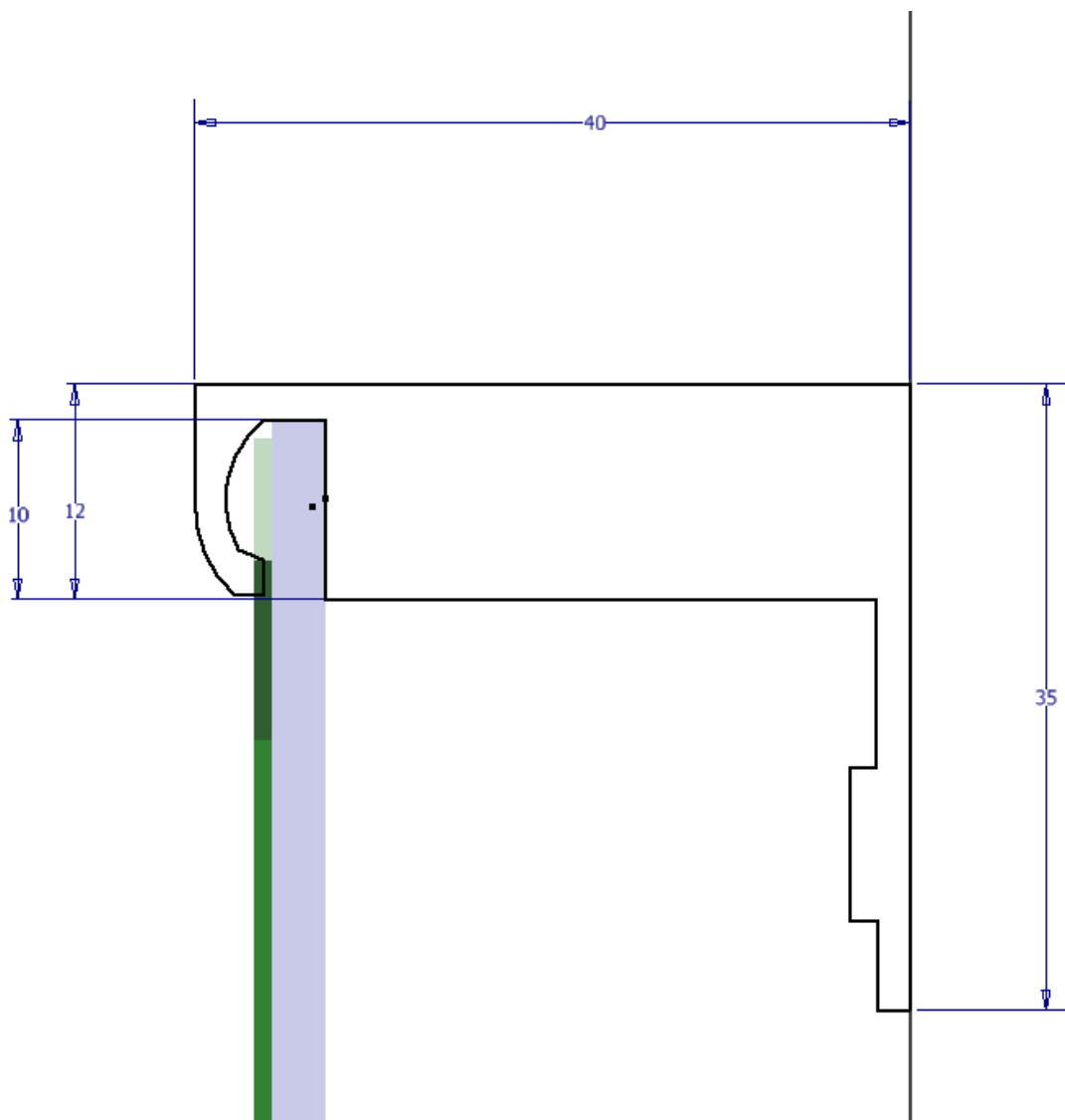
## **2. Спеціальний розділ**

## 2.1 3D моделювання об'єктів

Темою дипломної роботи є моделювання 3D об'єктів енергетики. Для проектування застосовується програмне забезпечення AUTODESK Inventor 2020.

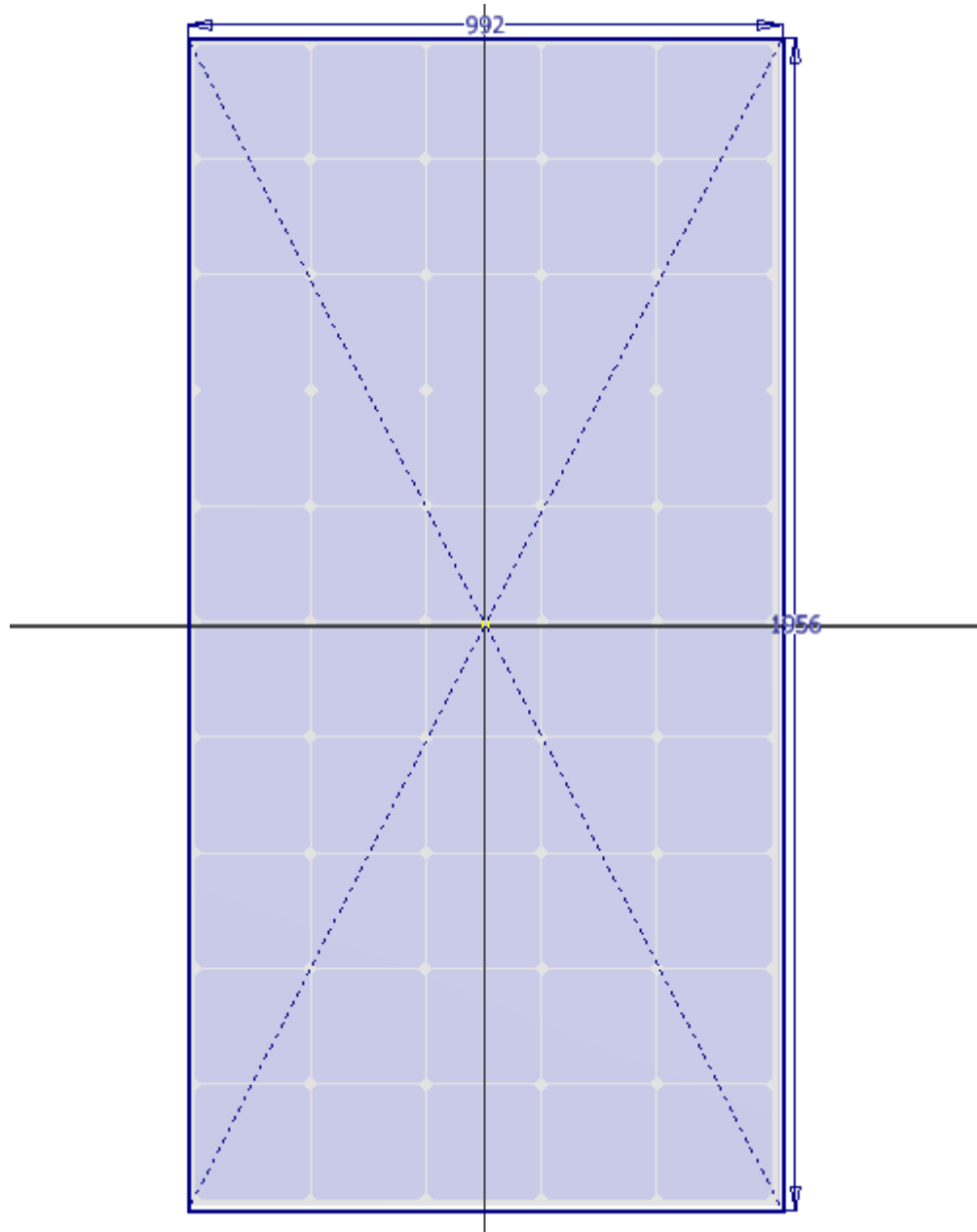
Розглянемо як зробити модель сонячної панелі типу RSM72-6-345M яка була використана в дипломній роботі. Для створення повної картини всієї панелі, треба для початку зробити окремі елементи панелі, з чого вона складається. Панель складається з алюмінієвої рамки та самих сонячних елементів. Для створення рамки першим шагом треба накреслити перші ескіз див рис.2.1

Рис.2.1 Ескіз профіля ФЕМ



Потім слід накреслити другий ескіз який буде показувати габаритний розмір див  
рис.2.2

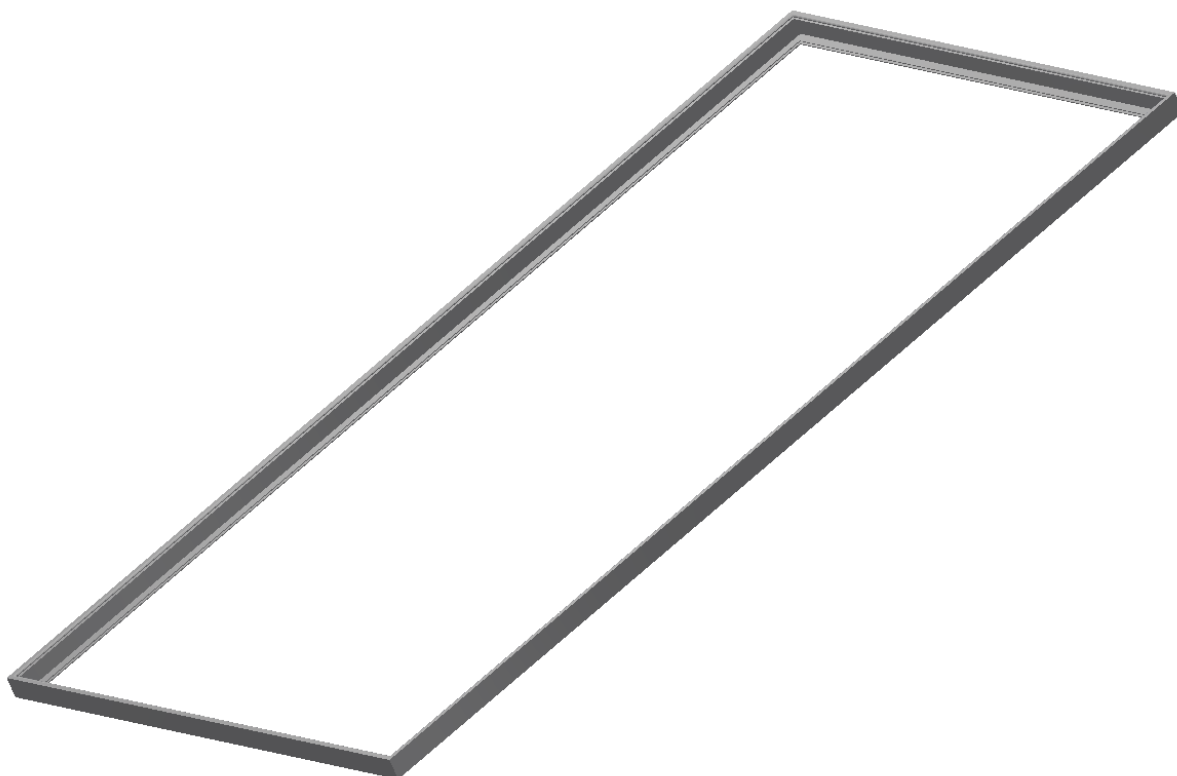
Рис.2.2 Ескіз габаритний ФЕМ



Після накреслення двох ескізів інструментом «Сдвиг» робимо 3D модель рамки  
рис.2.3

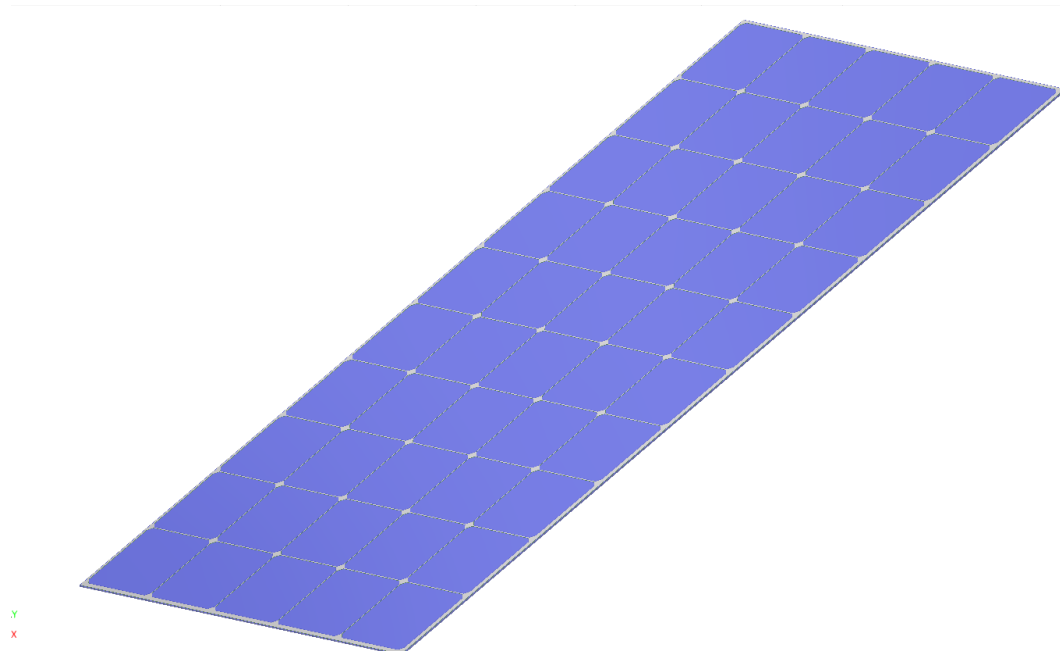


Рис.2.3 Рамка для ФЕМ



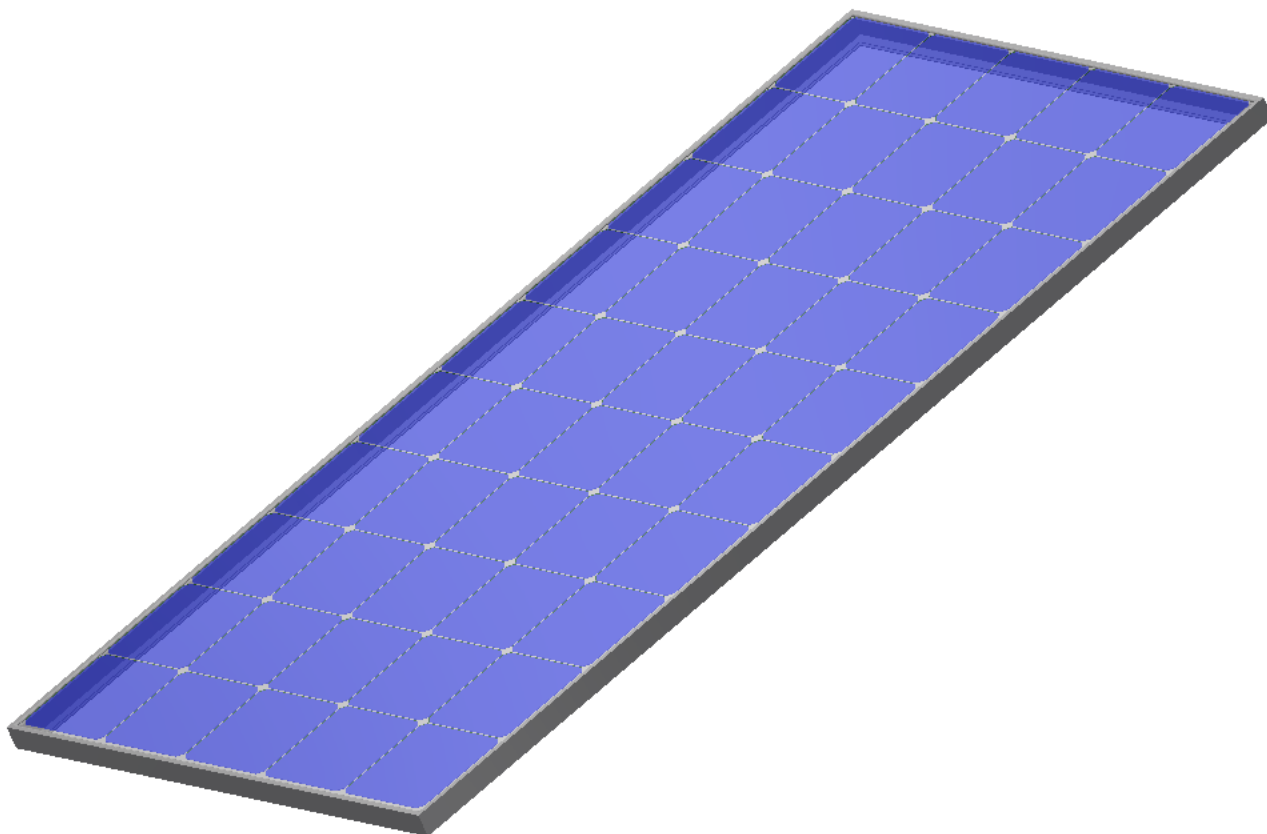
Зараз ми зробили «Деталь». Аналогічно робиться фотоелектричні комірки див рис.2.3

Рис.2.3 Фотоелектричні комірки



Для подальшого моделювання нам потрібно зробити «Сборку». У зборку будуть включатись рамка для ФЕМ та фотоелектричні комірки. Далі завдяки інструменту «Соединение» з'єднуємо два компонента та отримуємо Фотоелектричний модуль рис.2.4

Рис.2.4



Аналогічним методом робиться всі останні моделі для даної електростанції.

## 2.2 Вибір інверторів, ФЕМ та визначення їх кількості

Для перетворення сонячного випромінювання в електроенергію постійного струму було обрао фотоелектричні модулі ФЕМ типу RSM72-6-345M, виробництва «Risen». Технічні характеристики див. Технічний розділ рис.

Кут нахилу панелі визначається за формулою:

$$\alpha = \text{широта} * 0,76 + 3,1^\circ = 39,45^\circ;$$

$$\text{Місто запоріжжя Широта} - 47^\circ 50', 47,83^\circ;$$

Очікувана температура модуля обчислюється з NOCT за формулою:

$$T_{PTC} = 20 + 1,389 * (NOCT - 20) * (0,9 - \eta) = 45,071^\circ\text{C};$$

Потужність по PTC:

$$P_{PTC} = P_{STC} * [1 - C_T * (T_{PTC} - 25^\circ\text{C})] = 318 \text{ Вт};$$

Кількість панелей для СЕС: N=62894 шт.;

Для підключення столів та перетворення постійного струму в змінний був використаний інвертор PVS-120-TL з потужністю 120 кВт та вихідною напругою 0,48 кВ, виробництва «ABB».

Вхідна потужність інвертора складає  $P_{\text{вхід}} = 123 \text{ кВт}$ , ця потужність буде використана для розрахунку при виборі кількості панелей на кожний інвертор.

Знаючи потужність нашої станції, вже можна визначити необхідну кількість інверторів за допомогою простого розрахунку:

$$\frac{P_{\text{ст}}}{P_{\text{інв.вхід}}} = N', \text{ де} \quad (2.1)$$

$P_{\text{ст}}$  - потужність санції (20 МВт);

$P_{\text{інв.вхід}}$  – вхідна потужність інвертору (123кВт);

$N'$  - розрахункова кількість інверторів.

$$\frac{20\text{МВт}}{123\text{кВт}} = 163$$

Отриману кількість інверторів можемо перевірити другим методом розрахунку.

Обраний інвертор має 24 входи для PVкабелю, тобто 12 входів для кабелів зі значенням «+», та 12 для «-». Оскільки панелі будуть з'єднуватись у збірки по 17 панелей, то на одному столі можна розмістити 2 таких збірки, а отже по 34 панелі на кожен стіл. Завдяки тому, що ми знаємо потужність одного модуля можемо розрахувати потужність столу для цього скористаємося формулою:

$$P_{\text{столу}} = N_1 \times P_{\text{панелі}} \quad (2.2)$$

$P_{\text{столу}}$  – потужність одного столу (Вт);

$N_1$  – кількість панелей на столі;

$P_{\text{панелі}}$  – очікувана потужність однієї панелі (318 Вт).

$$34 \times 318 = 10812 \text{ Вт}$$

Потужність одного столу визначено. Для подальшого проектування треба визначити кількість столів на електростанції для цього скористаємося формулою:

$$N_2 = \frac{N}{N_1} = \frac{62894}{34} = 1850 \quad (2.3)$$

$N_2$  – кількість столів;

$N$  – оптимальна кількість панелей.

Визначаємо кількість панелей, що будуть підключатись до одного інвертора. Скористаємося формулою:

$$N'_1 = \frac{P_{\text{інв.вхід}}}{P_{\text{панелі}}} = \frac{123 \text{ кВт}}{318 \text{ Вт}} = 387 \quad (2.4)$$

$N'_1$  - кількість панелей, що будуть підключатись до одного інвертора.

Визначаємо кількість столів, що будуть підключені до одного інвертору за формулою:

$$N'_2 = \frac{N'_1}{N_1} = \frac{387}{34} = 11 \quad (2.5)$$

$N'_2$  - кількість столів, що будуть підключені до одного інвертору.

Визначаємо необхідну кількість інверторів, для цього скористуємося формулою яка включає в себе кількість столів та кількість столів які будуть підключатися до інвертора:

$$N' = \frac{N_2}{N'_2} = \frac{1850}{11} = 163 \quad (2.6)$$

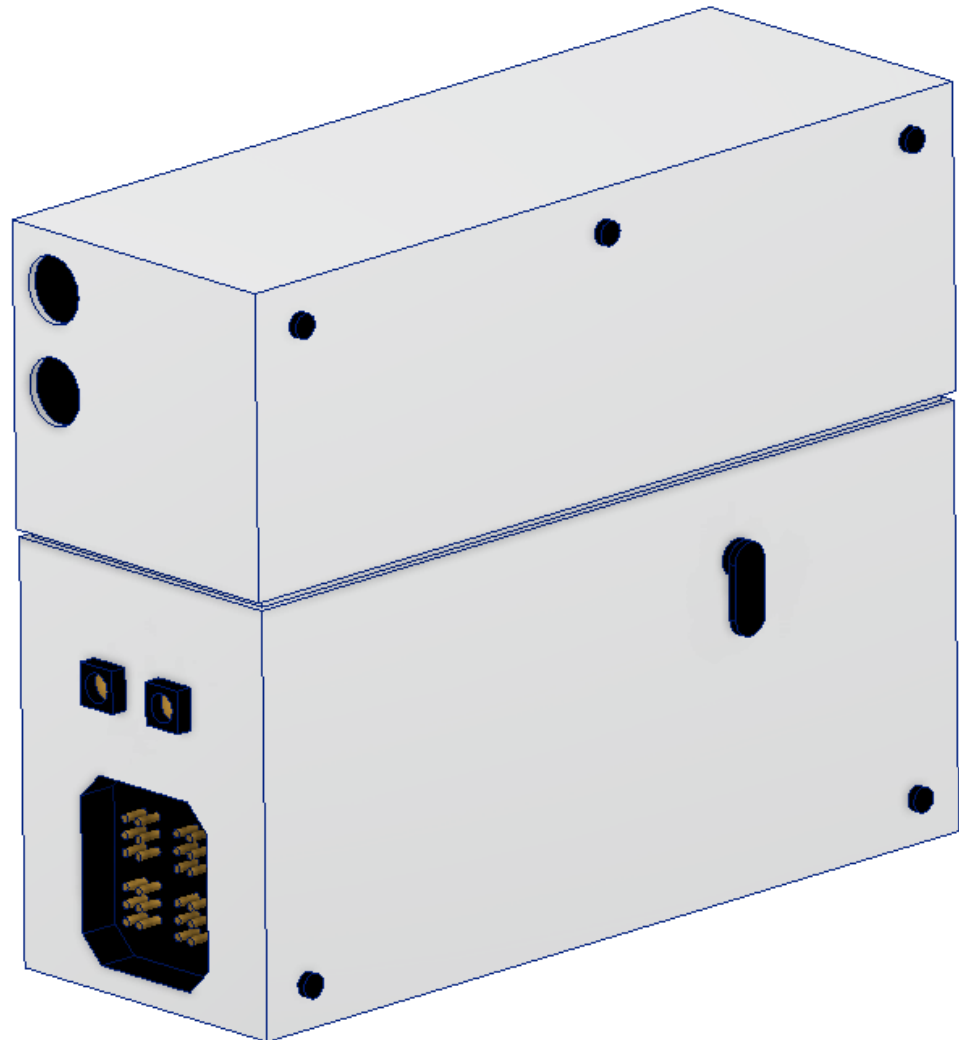
Після перевірки можемо бачити що кількість збігається, тому приймаємо, що нам потрібно 163 інвертори PVS-120-TL потужністю 120 кВт для перетворення постійного струму в змінній, що виробляють фотоелектричні модулі. Характеристики інвертора у таблиці № 3

Таблиця №3. Характеристики інвертору

вхідний струм, А	36
вхідна напруга DC, В	720
вихідний струм, А	145
вихідна напруга AC, В	480

У таблиці №3 наведено основні характеристики обраного інвертору, які надалі будуть використані для вибору обладнання та необхідних розрахунків.

Рис.2.5 3D модель Інвертора



### **2.3 Вибір комплектних трансформаторних підстанцій та їх комплектуючих**

Для перетворення напруги 0,48 кВ, що виходить з інверторів, на станції треба встановити необхідну кількість комплектних трансформаторних підстанцій (КТП) 35/0,48 кВ. Почнемо з вибору трансформаторів потрібної нам потужності. Припустимо, що необхідна потужність одного трансформатору буде

дорівнювати 2000 кВА. Далі визначаємо необхідну кількість трансформаторів на нашу СЕС:

$$N_T = \frac{P_{ст}}{P_{нт}} = \frac{20\text{МВт}}{2\text{МВА}} = 10 \quad (2.7)$$

де  $N_T$  – необхідна кількість трансформаторів;

$P_{нт}$  – потужність одного трансформатора.

За формулою (7) було визначено кількість трансформаторів за потужністю станції, для перевірки кількості трансформаторів можна розрахувати через кількість інверторів.

До однієї КТП за допомогою з'єднувальної шини можна підключити 15 інверторів, отже:

$$N'_T = \frac{N'}{15} = \frac{163}{15} = 11 \quad (2.8)$$

$N'_T$  - Кількість трансформаторів за інверторами.

Після перевірки бачимо що кількість трансформаторів не сходиться, так як по потужності ми не можемо взяти менший варіант, тому обираємо кількість трансформаторів 11 і також 11 КТП.

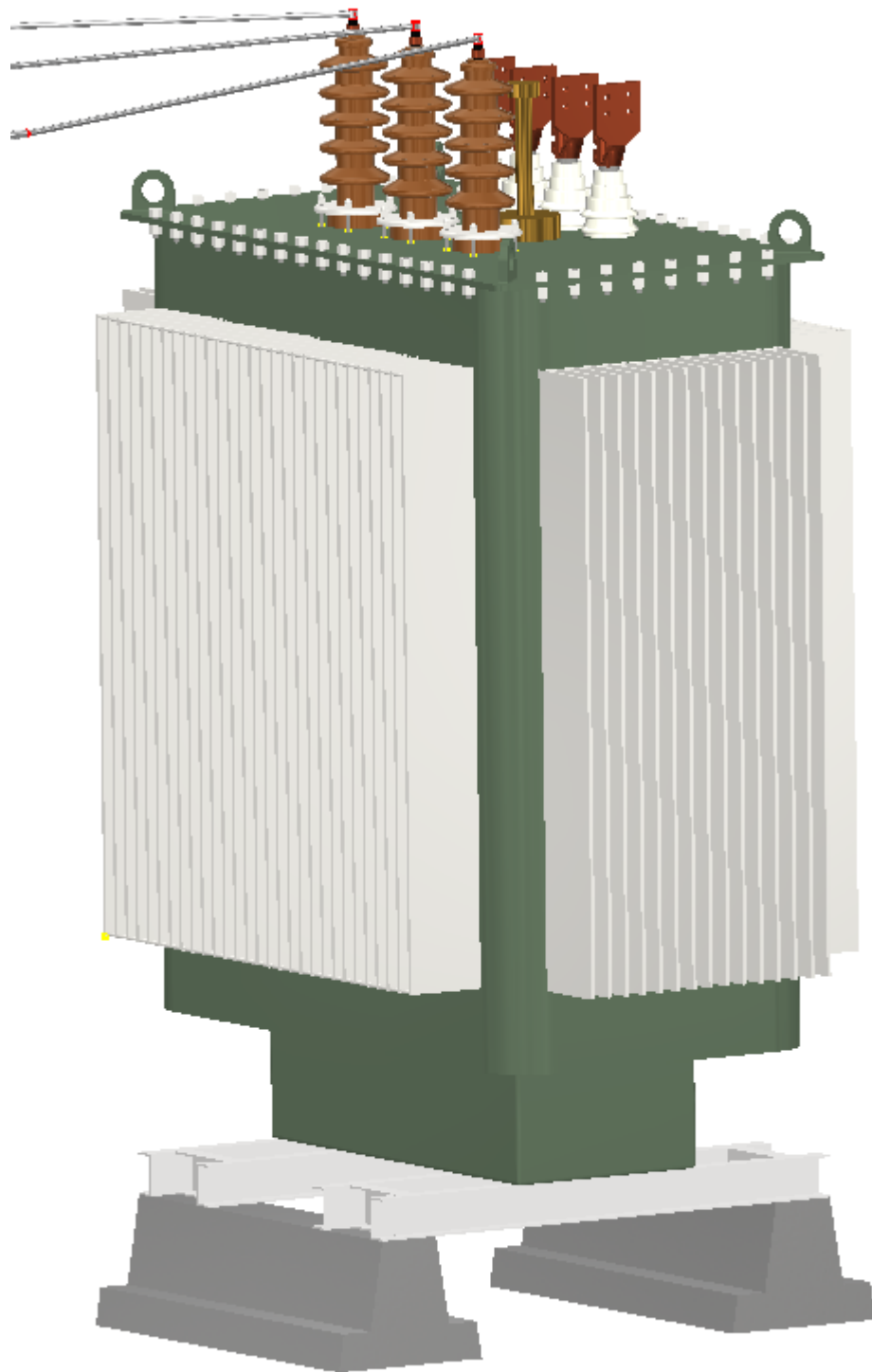
Обираємо трансформатор силовий масляний герметичний 35/0.48 кВ, рівень втрат А, тип ТМГ-2000/35 У1. Його характеристики знаходяться у таблиці №4.

Таблиця №4. Характеристики трансформатора ТМГ-2000/35 У1

струм ВН, А	57
струм НН, А	2175
потужність, ВА	2 000 000
напруга ВН, В	35 000
напруга НН, В	480
Потужність КЗ, ВА	22 800

Для більш наглядного уявлення на Рис.2.6 зображена 3D модель даного трансформатора.

Рис.2.6 3D модель трансформатора.



У таблиці №4 наведеній вище струм НН було розраховано, це фактичний струм на стороні низької напруги, тобто струм від інверторів. З даних, що наведено у таблиці №3, струм, що виходить з кожного інвертора дорівнює 145 А, значить струм з 15-ти інверторів буде рівнятися їх сумі, оскільки вони з'єднані



паралельно, отже струм на стороні низької напруги обраного нами трансформатора буде дорівнювати 2175 А.

Вибираємо розподільчу установку низької напруги (РУНН), яка відповідає за з'єднання та підключення інверторів з трансформаторів.

Інша складова це блок захисту трансформатора (УВН).. До вибору шафи РУНН входить вибір запобіжників та роз'єднувача запобіжників, обмежувача перенапруги, трансформаторів струму, автоматичного вимикача (що з'єднує РУНН з трансформатором), та системи моніторингу АСКОЕ.

Для підключення інверторів до з'єднувальної шини скористаємося роз'єднувачами запобіжників із запобіжниками з плавкою вставкою. Плавка вставка запобіжника повинна бути розрахована на протікаючий по ній струм більше інверторного, тобто повинна виконуватись умови  $I_n \geq I_p$  та  $U_n \geq U_p$ . Приймаємо запобіжник плавкий на 0,5 кВ, 224 А, NH 1 gG(gL). Проведемо перевірку:

$$I_n \geq I_p = 224 > 145 \text{ А} \quad (2.9)$$

$$U_n \geq U_p = 500 > 480 \text{ В} \quad (2.10)$$

де  $I_n$  – номінальний допустимий струм плавкої вставки;

$I_p$  – робочий струм, що на виході з інвертора;

$U_n$  – допустима напруга плавкої вставки;

$U_p$  – робоча напруга, що на виході з інвертора.

Умови виконуються, отже обраний запобіжник пройшов перевірку. Обираємо роз'єднувач запобіжників. Для правильного вибору повинна виконуватись умова  $I_n \geq I_p$ . Оскільки, з кожного інвертору виходить трифазний струм і запобіжник буде встановлено на кожну фазу, то для зручності буде раціональним рішення встановити блок-роз'єднувач запобіжників, попередньо приймаємо блок ARS 2-6-М типу EBV233SM1 на 400 А. Перевіряємо:

$$I'_H \geq I_H = 400 > 224 \text{ A} \quad (2.11)$$

де  $I'_H$  – номінальний допустимий струм роз'єднувача;

$I_H$  – номінальний допустимий струм плавкої вставки.

Умова виконується, отже було правильно обрано запобіжники та блок-роз'єднувач для цих запобіжників.

Вибираємо обмежувач перенапруги на стороні низької напруги. Обмежувач перенапруги (ОПН) — пристрій, призначений для захисту електричного та електронного обладнання від високовольтних стрибків напруги: (грозових та комутаційних). ОПН слід обирати за напругою, а точніше повинна виконуватись умова  $U_H \geq U_p$ .

$$U_H \geq U_p = 500 > 480 \text{ В} \quad (2.12)$$

Умова виконується, отже ОПН вибрано правильно.

Вибираємо трансформатор струму трансформаторів струму. Оскільки вхідний (до КТП) струм і напруга дорівнюють, відповідно 2175 А і 480 В, трансформатори струму (ТС) повинні відповідати наступній вимозі:  $I_{H1} \geq I_{\text{вхід}}$ . Слідуючи цим вимогам приймаємо ТС 2500/5А, кл. т. 0.5S, тип ТАТ1272К5У05. Перевіримо:

$$I_{H1} \geq I_{\text{вхід}} = 2500 > 2175 \text{ А} \quad (2.13)$$

де  $I_{H1}$  – номінальний струм первинної обмотки ТС;

$I_{\text{вхід}}$  – вхідний (до КТП) струм.

ТС вибрано правильно, згідно з вимогами. Переходимо до вибору автоматичного вимикача. Вибір ведемо за розрахунковим струмом після аварійного режиму:

$$I_p = \frac{K_{зав} S_{н.т}}{\sqrt{3} U_{нн}} = \frac{1 \cdot 2000}{\sqrt{3} \cdot 0,48} = 2405,6 \quad (2.14)$$

Умови вибору:

- за номінальною напругою:  $480 < 690 \text{ В}$ ;
- за номінальним струмом автомата:  $I_p < I_{н.вим} \text{ } 2400,6 < 3200 \text{ А}$ ;

Приймаємо автомат типу ЕР 332 S 3р, відключаюча здатність якого 85кА, номінальна напруга до 690 В.

Комплектуючі РУНН обрано, дані за результатами вибору занесено до таблиці №5

Таблиця №5. Комплектуючі РУНН

Розподільча установка низької напруги (РУНН)		
Роз'єднувач запобіжників EBV233SM1 400 A	$I_n \geq I_p(400A > 145A)$	
Запобіжник плавкий 0,5 кВ, 224 А, NH 1 gG(gL)	$I_n \geq I_p(224A > 145A)$	
Обмежувач перенапруг 0,5 кВ, ETITEC A 500/5/C-NO	$U_n \geq U_p(500B > 480B)$	
Приймаємо ТС 2500/5А, кл. т. 0.5S, тип ТАТ1272K5Y05	струм первинної обмотки, А	2500
	струм вторинної обмотки, А	5
Вимикач автоматичний повітряний, тип EP 332 S 3p	ном. струм, А	3200
	відключ. здатність, А	85000

Далі обираємо комплектуючі блоку захисту трансформатора (УВН). Почнемо з запобіжника на 35 кВ. Для правильного вибору запобіжника, повинні виконуватись такі умови:  $U_{max} \geq U_n$  та  $I_{max} \geq I_n$ . На виході з трансформатора ми маємо 57 А змінного струму та напруги 35кВ, отже запобіжник обираємо за цими параметрами, приймаємо запобіжник 35 кВ, 63А, тип CEF-S 30/40,5кВ. Перевірка:

$$U_{max} \geq U_n = 40,5 > 35 \text{ кВ} \quad (2.15)$$

$$I_{max} \geq I_n = 63 > 57 \text{ А} \quad (2.16)$$

Обраний запобіжник пройшов перевірку і має такі параметри:

- мінімальна робоча напруга 30 кВ;
- максимальна робоча напруга 40,5 кВ;
- фактична напруга 35 кВ;
- діючий струм 63 А.

Обираємо триполюсний роз'єднувач, за номінальною напругою, приймаємо роз'єднувач типу РДЗ-2-35/1000 УХЛ1, 1000 А. короткі характеристики:

- номінальна напруга 35 кВ;
- номінальний струм 1000 А.

Вибір ОПН для сторони високої напруги проводиться також за номінальною напругою, а отже повинна виконуватись умова  $U_n \geq U_p$ . Приймаємо обмежувач перенапруг 35 кВ, тип AZC491 35 кВ. Перевіримо:

$$U_n \geq U_p \rightarrow 35 = 35 \text{ кВ} \quad (2.17)$$

Умова виконується, ОПН підходить для сторони високої напруги.

Обрані комплектуючі УВН занесені до таблиці №6

У таблиці №6 наведено всі комплектуючі блоку захисту УВН, та основні параметри кожного елементу.

Таблиця №6.

Блок захисту тр-ра (УВН)		
запобіжник 35кВ, 63А, тип CEF-S 30/40,5кВ	мінімальна роб. напруга, В	30000
	максимальна роб. напруга, В	40500
	Фактична напруга, В	35000
	діючий струм, А	63
роз'єднувач триполюсний РДЗ-2-35/1000 УХЛ1, 1000 А	номінальна напруга, В	35000
	ном. струм, А	1000
обмежувач перенапруг 35 кВ, тип AZC491 35 кВ	$U_n \geq U_p(35\text{кВ}=35\text{кВ})$	

Комплектуючі УВН

Також у кожній КТП встановлюється система моніторингу і контролю АСКОВЕ, у нашому випадку це будуть АСТАРІS SL7000 5(10)А з класом точності 0,5S, НІК КІ-25. Нижче приведено 3D модель роз'єднувача РДЗ-2-35/1000 (Рис. 2.7) Повний вигляд КТП у 3D зображене на кресленні [Візуалізація об'єктів сонячної станції у 3D].

Рис. 2.7 роз'єднувач триполюсний РДЗ-2-35/1000 3D модель



Кабелі з усіх КТП прид'єднуються до розподільчого пункту на 35 кВ (РП 35кВ).

## 2.4 Розподільчий пункт (РП 35 кВ)

РП нашої станції складається: з двох блоків кабельної лінії 35 кВ (шифр блоку MVCo-35-WH/I), які в свою чергу зв'язані блоком секційного роз'єднувача (MVCo-35-CN/II), блоку вимірювальних трансформаторів напруги 35 кВ (MVCo-35-TV), двох блоків вакуумних вимикачів 35 кВ (MVCo-35-QH), блоку трансформатора власних потреб 35/0,4 кВ (MVCo-35-TN), блоку кабельного вводу 35 кВ (MVCo-35-WH/II), блоку опорних ізоляторів та жорсткої ошиновки. До кожного з блоків кабельної лінії 35 кВ входять:

- триполюсний роз'єднувач РДЗ-1-35/1000 УХЛ1, 1000 А;
- три обмежувача перенапруги 35 кВ, тип AZC491 35 кВ;
- три ізолятори ОСК-10-35/195-2 УХЛ1.

Триполюсний роз'єднувач та обмежувачі перенапруги було обрано таким же чином як і для КТП, а ізолятори було обрано за номінальною напругою та допустимим навантаженням.

Блок секційного роз'єднувача містить:

- роз'єднувач триполюсний РДЗ-2-35/1000 УХЛ1, 1000 А.

Для цього блоку було обрано роз'єднувач з такими ж характеристиками, але є одна відмінність, цей роз'єднувач має 2 заземлювача, оскільки роз'єднує дві секції з підключеними кабельними лініями.

Блок вимірювальних трансформаторів напруги 35 кВ включає в себе:

- триполюсний роз'єднувач РДЗ-1-35/1000 УХЛ1, 1000 А;
- три вимірювальних трансформатора напруги 3хТЮ 7;
- три обмежувача перенапруги 35 кВ, тип AZC491 35 кВ;
- три запобіжники 35 кВ, 0,8 А, тип VVC 36kV/0,8А.

Триполюсний роз'єднувач, обмежувачі перенапруги та запобіжники було обрано аналогічно, як до КТП. Трансформатори напруги обирались за номінальною робочою напругою.

До кожного блоку вакуумного вимикача входять:

- вимикач вакуумний 35 кВ VBF 40.5 2500А;



- три трансформатора струму 35 кВ ТРО-70.11, 500/5 кл. т. 0,5/10Р/10Р.

Вимикач обирався за номінальною напругою, струмом та відключаючою здатністю, а ТС обирались за тим самим принципом, як для КТП.

Блок трансформатора власних потреб 35/04 кВ включає:

- триполюсний роз'єднувач РДЗ-1-35/1000 УХЛ1, 1000 А;
- трансформатор масляний герметичний ТМГ-63/35/0,4 У1;
- три запобіжника 35 кВ, 2 А, тип VVC 36kV/2A.

Трансформатор було обрано згідно з планованим навантаженням (освітлення, системи моніторингу і контролю, та інше). Запобіжники та роз'єднувач обрано за звичним нам алгоритмом (див. КТП).

До блоку кабельного вводу відносяться:

- триполюсний роз'єднувач РДЗ-2-35/1000 УХЛ1, 1000 А;
- три обмежувача перенапруги 35 кВ, тип AZC491 35 кВ;
- три ізолятора ОСК-10-35/195-2 УХЛ1;
- три трансформатора струму 35 кВ ТРО-70.11;
- обладнання для обліку і контролю якості:
  - Аналізатор Satec PM 175;
  - 2хACTARIS SL7000 5(10)A, кл.т. 0,5S;
  - 2хКП-25.

На Рис. 2.8 зображена більш 3D модель трансформатора власних потреб.

На Рис. 2.9 зображена більш 3D модель трансформатора струму.

На Рис. 2.10 зображена більш 3D модель трансформатора напруги.

На Рис. 2.11 зображена більш 3D модель вакуумний вимикач.

Рис. 2.8 3D модель трансформатора власних потреб ТМГ-63/35/0,4

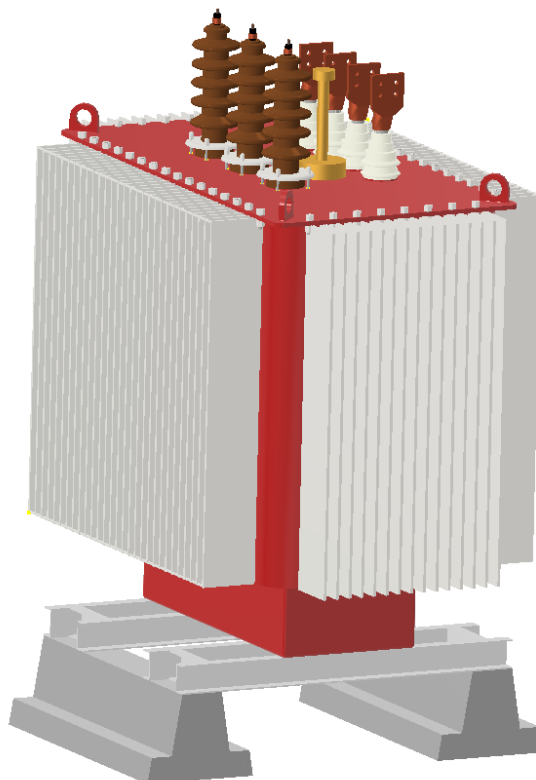


Рис. 2.9 3D модель трансформатора струму ТРО-70.11

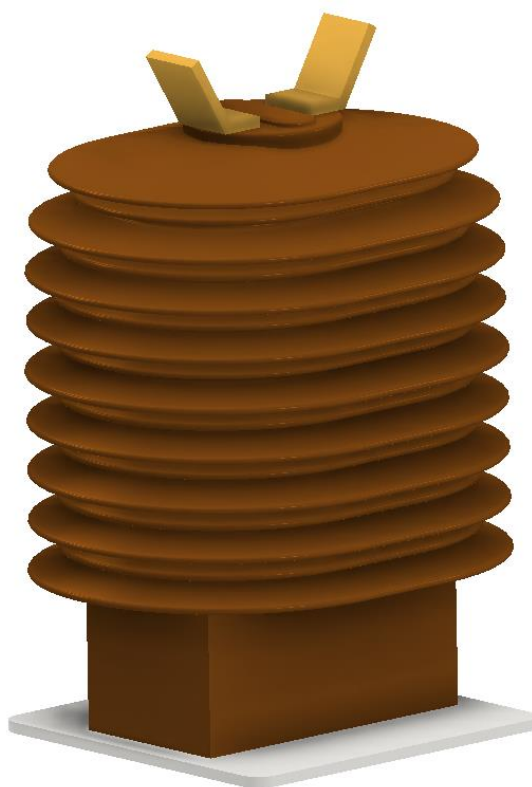


Рис. 2.9 3D модель вакуумный вимикач VBF 40.5

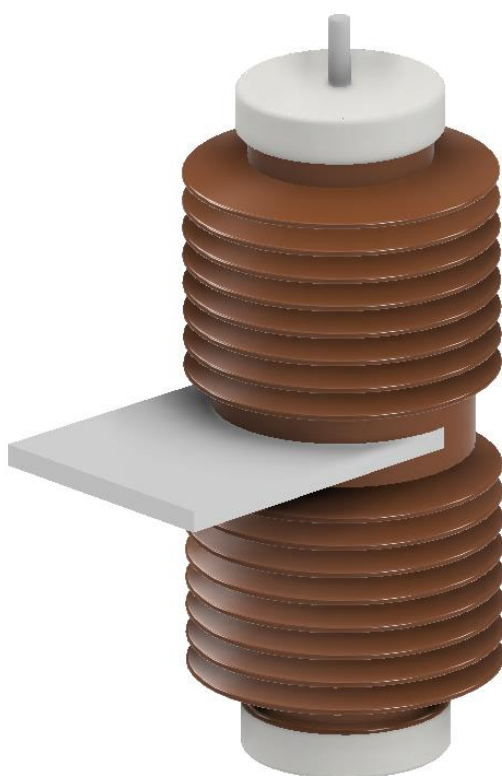
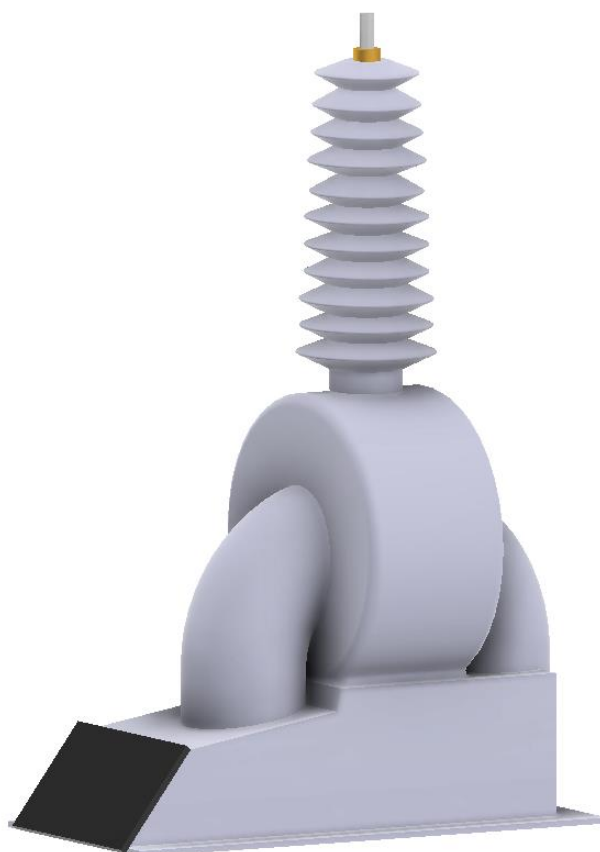


Рис. 2.9 3D модель трансформатору напруги ТЮ 7 АВВ



Вся компоновка розподільчого пункту зображено на креслені [Візуалізація об'єктів сонячної станції у 3D].

## 2.5 Вибір перерізу провідників від інверторів до КТП і від КТП до РП

Від інверторів генерована потужність кабельними лініями передається до комплектних трансформаторних підстанцій (КТП) 35/0,48 кВ (оскільки на виході з інверторів не стандартна напруга  $U=480\text{В}$ ). На даному етапі розрахуємо переріз кабелю, що йтиме від інверторів до КТП. Розрахунок проведемо за допомогою економічної густини струму.

Рис. 2.10 Таблиця для визначення економічної густини струму

Провідники	Економічна густина струму, А/мм <sup>2</sup> , причислі використання максимуму навантаження на рік		
	Понад 1000 до 3000	понад 3000 до 5000	понад 5000
Неізолювані проводи і шини:			
– мідні	2,5	2,1	1,8
– алюмінієві	1,3	1,1	1,0
Кабелі з бумажною і проводу з гумовою і полівінілхлоридною ізоляцією з жилами:			
– мідні	3,0	2,5	2,0
– алюмінієві	1,6	1,4	1,2
Кабелі з гумовою ізоляцією і пластмасовою з жилами:			
– мідні	3,5	3,1	2,7
– алюмінієві	1,9	1,7	1,6

На станції планується використовувати кабель з полівінілхлоридною ізоляцією з алюмінієвими жилами, а отже економічна густина струму для нашого випадку дорівнює  $1,2 \text{ А/мм}^2$ , тому даний об'єкт енергетики працюватиме весь рік без перерви і число годин найбільшого навантаження складає 8760 г. Розрахунок перерізу кабелю виконується за формулою:

$$F_e = \frac{I_{н.р.}}{j_e} \quad (2.18)$$

де  $I_{н.р.}$  – струм нормального режиму роботи інвертора, А;  
 $j_e$  – економічна густина струму,  $\text{А/мм}^2$ .

Струм інвертора в нормальному режимі роботи дорівнює 145 А. Розраховуємо економічно доцільний переріз:

$$F_e = \frac{145}{1,2} = 120,8 \text{ мм}^2$$

Найближчий стандартний переріз складає  $120 \text{ мм}^2$ . Приймаємо кабель з полівінілхлоридною ізоляцією марки АПВВГ-1  $3 \times 120 + 1 \times 70 \text{ мм}^2$ ,  $I_{\text{доп}} = 267 \text{ А}$ .

Перевіряємо кабель по нагріву в після аварійному режимі (при виході з ладу одного кабелю, і живленню навантаження по залишеним двом):

$$I_{ab} \leq I'_{\text{доп}} \quad (2.19)$$

$179 < 279$  -вірно

Де  $I_{ab}$  - струм після аварійного режиму, А;

$I'_{\text{доп}}$  - допустимий струм, А.

$$I'_{\text{доп}} = k_1 k_2 k_3 I_{\text{доп}} = 1 \cdot 0,87 \cdot 1,2 \cdot 260 = 267 \text{ А}$$

де  $k_1 = 1$  - коефіцієнт, який враховує температуру навколишнього середовища (вважаємо, що температура не відрізняється від нормальної  $= 15 \text{ С}$ );

$k_2 = 0,87$  - коефіцієнт, який враховує число поруч прокладених у землі кабелів (три кабелі з відстанню 200 мм);

$k_3 = 1,2$  – коефіцієнт, який враховує допустиме перевантаження в після аварійному режимі.

Струм в після аварійному режимі дорівнює:

$$I_{ab} = \frac{\frac{11}{2} S_{нт}}{\sqrt{3} U_{вн}} = \frac{\frac{11}{2} \times 2000 \text{кВА}}{\sqrt{3} \times 35 \text{кВ}} = 179 \text{ А} \quad (2.20)$$

Остаточню приймаємо кабель АПВВГ-1 3х120+1х70 мм<sup>2</sup>. Оскільки КТП будуть з'єднуватись по 2 разом, то від одинадцяти КТП до РП йтиме 6 кабельних ліній. Обираємо їх таким же способом, результати вибору перерізу кабелів для кабельної лінії 35 кВ занесено до таблиці №7. Для прокладання цієї лінії обрано кабель марки АПВЕгаПу-35 кВ.

У таблиці №7 наведено перерізи всіх обраних кабелів типу АПВЕгаПу-35, для кожної з кабельних ліній (КЛ1-КЛ6).

Таблиця №7 Зведені перерізи кабелів 35 кВ

№КЛ	Напруга мережі, кВ	Обраний переріз кабельної лінії, мм <sup>2</sup>
КЛ1	35	70
КЛ2	35	95
КЛ3	35	70
КЛ4	35	95
КЛ5	35	95
КЛ6	35	95

## 2.6 Розрахунок струмів коротких замикань

Вхідні дані для розрахунку:

$U_{н.ВН}=37$  кВ - розрахункова напруга;

$I_{КЗ.max}=6,53$  кА - в максимальному режимі роботи системи ;

$I_{КЗ.min}=3,72$  кА - в мінімальному режимі роботи системи ;

Розрахунок струму кз на шинах 35 кВ СЕС (точка К1)

$$Z_C \approx x_C = \frac{U_{н.ВН}}{\sqrt{3} * I_{КЗ.max}^{(3)}}, \quad (2.21)$$

$$Z_C \approx x_C = \frac{37}{\sqrt{3} * 6.53} = 3,271 \text{ Ом}$$

Опір кабельної лінії:

$$Z_K = \sqrt{r_K^2 + x_K^2} \quad (2.22)$$

$$Z_K = \sqrt{0,614 + 0,464} = 0,770 \text{ Ом}$$

$r_K = 0,614$  Ом;

$x_K = 0,464$  Ом;

$r_0 = 0,164$  Ом/км;

$x_0 = 0,124$  Ом/км;

$L_{35} = 3,744$  км;

Сумарний опір до шин 35 кВ СЕС:

$$\sum Z_{K1} = Z_C + Z_K = 4,041 \text{ Ом} \quad (2.23)$$

Струм КЗ, питомий зі сторони ПС "ЖРК":

$$I_{КЗ1.ЖРК}^{(3)} = \frac{U_{н}}{\sqrt{3} * \sum Z_{КЗ.max}} = \frac{35}{\sqrt{3} * 4,41} = 5,28, \text{ кА} \quad (2.24)$$

Струм, питомий зі сторони СЕС:

$$I_{K32}^{(3)} = 0,322 \text{ кА}$$

Струм КЗ в розрахунковій точці К1:

$$I_{K1}^{(3)} = I_{K31.ЖРК}^{(3)} + I_{K32}^{(3)} \quad (2.25)$$

$$I_{K1}^{(3)} = 5,286 + 0,322 = 5,608 \text{ кА}$$

де  $I_{K31.ЖРК}^{(3)}$  – струм КЗ, питомий зі сторони ПС «ЖРК», кА;

$I_{K32}^{(3)}$  – струм, питомий зі сторони СЕС, кА.

Розрахунок ударного струму КЗ на шинах 35 кВ СЕС

$$i_y = \sqrt{2} * I_{K32}^{(3)} * K_y \quad (2.26)$$

$$i_y = \sqrt{2} * 0,322 * 1,8 = 14,276 \text{ кА}$$

де  $K_y = 1 + e^{\frac{0,01}{0,5}} = 1,8$  – ударний коефіцієнт;

$I_{K32}^{(3)}$  – струм, питомий зі сторони СЕС, кА.

Розрахунок струму короткого замкнення на шинах 0,4 кВ КТП 0,4/35

(точка К2)

Опір кабельної лінії внутрішньомайданчикових мереж:

$$Z_{K95} = \sqrt{r_K^2 + x_K^2} \quad (2.27)$$

$$r_K = r_0 * L_{0,48} \quad (2.28)$$

$$x_K = x_0 * L_{0,48} \quad (2.29)$$

де  $L_{0,48} = 0,5 \text{ км}$  – довжина КЛ від КТП до РП-35 кВ;

$Z_K$  – повний опір КЛ, Ом;

$r_K$  – активний опір КЛ, Ом;

$x_K$  – індуктивний опір КЛ, Ом;

$r_0 = 0,32 \text{ Ом/км}$  – питомий активний опір КЛ;

$x_0 = 0,462 \text{ Ом/км}$  – питомий індуктивний опір КЛ.

$$Z_{K95} = \sqrt{0,16^2 + 0,231^2} = 0,281 \text{ Ом}$$



$$r_k = 0,32 * 0,5 = 0,16 \text{ Ом}$$

$$x_k = 0,462 * 0,5 = 0,231 \text{ Ом}$$

Опір трансформатора:

$$z_{\text{тр}} \approx x_{\text{тр}} = \frac{U_k * U_{\text{н.тр.мах}}^2}{100 * S_{\text{тр}}} \quad (2.30)$$

$$z_{\text{тр}} \approx x_{\text{тр}} = \frac{7,2 * 38,5^2}{100 * 2} = 53,361 \text{ Ом}$$

де  $U_{\text{н.тр.мах}}$  – максимальна робоча напруга трансформатора, кВ;

$U_k$  – напруга короткого замикання (розділ 2, таблиця 2.6), %;

$S_{\text{тр}}$  – потужність трансформатора, МВА.

$$z_{K1} = \frac{U_{\text{н.ВН}}}{\sqrt{3} * I_{K1}^{(3)}} \quad (2.31)$$

$$z_{K1} = \frac{37}{\sqrt{3} * 5,608} = 3,809 \text{ Ом}$$

де  $U_{\text{н.ВН}}$  – розрахункова напруга, кВ;

$I_{K1}^{(3)}$  – струм КЗ в розрахунковій точці K1, кА.

Сумарний опір до шин 0,4 кВ проектованої КТП:

$$\sum z_{K2} = \sum z_{K1} + z_{K95} + z_{\text{тр}} \quad (2.32)$$

$$\sum z_{K2} = 3,809 + 0,281 + 53,361 = 57,683 \text{ Ом}$$

Струм КЗ в розрахунковій точці K2 (питомий зі сторони ПС «ЖРК»), приведений до сторони 35 кВ:

$$I_1^{(3)} = \frac{U_{\text{н.ВН}}}{\sqrt{3} * \sum z_{K2}} \quad (2.33)$$

$$I_1^{(3)} = \frac{37}{\sqrt{3} * 57,683} = 0,37 \text{ кА}$$

Струм КЗ в розрахунковій точці K2, питомий зі сторони СЕС в нормальному режимі:

$$I_2^{(3)} = 161 \text{ А}$$

Струм КЗ в розрахунковій точці К2, приведений до сторони 35 кВ:

$$I_{K2}^{(3)} = I_1^{(3)} + I_2^{(3)} \quad (2.34)$$

$$I_{K2}^{(3)} = 0,37 + 161 = 0,531 \text{ кА}$$

Струм КЗ в розрахунковій точці К2, приведений до сторони 35 кВ в ремонтному режимі:

$$I_{K2.P}^{(3)} = I_1^{(3)} + I_{K32}^{(3)} \quad (2.35)$$

$$I_{K2.P}^{(3)} = 0,37 + 0,322 = 0,692 \text{ кА}$$

де  $I_1^{(3)}$  – струм КЗ в розрахунковій точці К2 (питомий зі сторони ПС «ЖРК»), приведений до сторони 35 кВ, кА

$I_{K32}^{(3)}$  – струм, питомий зі сторони СЕС, кА.

Струм КЗ в розрахунковій точці К2, приведений до сторони 0,4 кВ:

$$I_{K2.0,48}^{(3)} = \frac{U_{н.НВ} * I_{K2}^{(3)}}{U_{н.НН}} \quad (2.36)$$

$$I_{K2.0,48}^{(3)} = \frac{37 * 0,531}{0,48} = 40,957 \text{ кА}$$

де  $U_{н.НВ}$  - розрахункова напруга, кВ;

$U_{н.НН}=0,48$  кВ – напругу НН;

$I_{K2}^{(3)}$  – струм КЗ в розрахунковій точці К2, приведений до сторони 35 кВ, кА.



### **3.Охорона праці**

### **3.1 Перелік основних нормативних документів**

Заходи з охорони праці при експлуатації об'єкта будівництва, а також при проведенні будівельно-монтажних робіт передбачаються з урахуванням вимог наступних нормативних документів:

- Закон України "Про охорону праці";
  - ДБН А.3.2-2-2009 "Охорона праці і промислова безпека у будівництві";
  - Закон України "Про пожежну безпеку";
  - "Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів";
- НПАОП 40.1-1.21-98 "Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів".

### **3.2 Заходи щодо забезпечення безпеки процесів**

Для створення і дотримання безпечних та не шкідливих умов праці при експлуатації і ремонті мереж і устаткування необхідно керуватися вимогами НПАОП 40.1-1.21-98, НПАОП 40.1-1.07-01 і ГОСТ 12.3.032-84, а при виконанні окремих видів робіт, що не є специфічними для електротехнічного персоналу - вимогами міжгалузевих нормативних актів про охорону праці. До експлуатації устаткування допускається лише спеціально вивчений і підготовлений штат електротехнічного персоналу, забезпечений всіма необхідними засобами і устаткуванням для виконання ремонтних робіт.

Для забезпечення охорони праці та техніки безпеки проектом передбачається:

- використання технічно досконалого обладнання;
- розміщення відкритих струмоведучих частин устаткування, ошиновки і проводів з забезпеченням нормованих ПУЕ відстаней;
- розміщення устаткування, що забезпечує його вільне обслуговування;
- улаштування заземлюючих пристроїв елементів електроустановок з нормованою величиною опору та конструкцією, що відповідає вимогам ПУЕ;

- захисне та робоче заземлення устаткування КТП згідно з ПУЕ;
- автоматичного відключення устаткування при виникненні нештатних і аварійних ситуацій;
- розміщення розподільчих пристроїв 0,48 кВ у металевих шафах (комірках), які замикаються і мають знаки безпеки;
- прокладка кабелів на нормовану глибину в землі;
- захист кабельних ліній від механічних пошкоджень (ПВХ труба);
- попереджувальні заходи - прокладання сигнальної стрічки над КЛ, встановлення відповідних знаків по трасі КЛ;
- використання для будівельно-монтажних робіт і механізмів, в конструкції яких закладені принципи охорони праці;
- високий рівень механізації будівельно-монтажних робіт;
- виконання будівельно-монтажних робіт згідно з типовими технологічними картами.

Для забезпечення охорони праці і техніки безпеки необхідно щоб будівельні, монтажні і налагоджувальні роботи та експлуатація електроустановок виконувалися з дотриманням вимог діючих норм.

Для забезпечення безпеки виробничого персоналу при експлуатації сонячних модулів робочим проектом передбачені наступні заходи по охороні праці та техніці безпеки передбачено:

- огорожа об'єкту висотою 2 м;
- передбачено освітлення об'єкту у нічний час.

При роботі в діючій електроустановці персоналу електромонтажних організацій заборонено виконувати роботи без зняття напруги поблизу струмоведучих частин і на струмоведучих частинах, що знаходяться під напругою.

### 3.3 Охорона праці та виробнича санітарія

Робочим проектом передбачається комплекс заходів по забезпеченню захисту працюючих від виробничих травм згідно з діючими нормативними документами.

Основні документи, якими повинен користуватися персонал:

- виконавча робоча документація;
- інструкція по техніці безпеки, виробнича санітарна та пожежна безпека;
- технічна експлуатаційна документація на обладнання;
- посадові інструкції.

В процесі експлуатації недопустимо:

- перевантаження обладнання вище паспортних та проектованих величин;
- порушення обслуговуючим персоналом правил технічної експлуатації обладнання, правил техніки і пожежної безпеки.

Адміністрація повинна призначити особу, відповідальну за техніку безпеки при експлуатації об'єкта.

В процесі експлуатації адміністрація повинна забезпечити періодичний контроль технічного стану обладнання та вияв шкідливих факторів, прояв яких можливий у даному випадку.

Для виключення професійних захворювань необхідно проводити попередні і періодичні медичні огляди персоналу згідно з діючими положеннями.

Працівники мають бути забезпечені спеціальним одягом, засобами індивідуального захисту згідно з діючими нормами.

Для забезпечення безпеки персоналу при виконанні робіт:

- перед початком робіт повинен бути проведений інструктаж;
- повинні бути встановлені знаки безпеки відповідно до вимог ПТЕЕС;

- на місці роботи повинна бути "знята" напруга, а електрообладнання заземлене;
- при виконанні робіт на висоті необхідно виконати заходи захисту від можливості падіння людей або предметів (наказ №62 від 27.03.2007р. Про затвердження Правил охорони праці під час виконання робіт на висоті).

### **3.4 Електробезпека**

Передбачена проектом апаратура повинна експлуатуватися в відповідності до паспортних значень номінального струму та напруги.

В процесі експлуатації треба постійно контролювати стан контактних з'єднань, ізоляції арматури, нормальний шум працюючого устаткування, відсутність слідів дуги та оплавлення ошиновки, опір ізоляції електроцилів, силових мереж, правильність підключення нульових заземлюючих провідників.

Забезпечення техніки безпеки в силовому електроустаткуванні та електроосвітленні зроблено вибором відповідного виконання електроустаткування, апаратів та мереж.

Обслуговування та ремонт електроустаткування та електричних мереж передбачається персоналом ремонтних служб.

Електромонтажні роботи треба вести у відповідності до діючих будівельних норм, СНІП 3.05.06-85, ПВЕ, з дотриманням заходів по охороні праці та техніці безпеки.

Крім заходів, передбачених проектом, повинні бути розроблені інструкції по забезпеченню техніки безпеки з урахуванням специфіки та конкретних особливостей роботи в відповідності з вимогами норм.

### **3.5 Протипожежні заходи**

Проектовані електроустановки перебувають на території сонячної електростанції (СЕС) та відносяться до III групи відповідно до НАПБ 05.028-2004 (з силовими трансформаторами з первинною напругою 35 кВ), не передбачає наявності протипожежного водопроводу і пожежних резервуарів, а відповідно і автоматичного пожежогасіння.



Технічні будівлі СЕС мають II ступінь вогнестійкості. У приміщенні вихід передбачаються безпосередньо назовні. Двері відкриваються назовні, по ходу евакуації.

На час виконання будівельно-монтажних робіт замовник повинен отримати сертифікат відповідності та протоколи випробувань, що підтверджують мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій і максимальні межі поширення вогню по них відповідно до передбачених у проектній документації.

Проектом передбачені засоби запобігання пожежам і вибухам, а саме:

- автоматичне відключення дією релейного захисту окремих елементів електричних мереж при виникненні коротких замикань;
- розміщення устаткування в КТП на відстанях, нормованих ПУЕ, між струмоведучими частинами і маслозаповненим устаткуванням;
- прокладка КЛ в ґрунті;
- застосування для будівництва КЛ негорючих конструкцій;
- виконання з'єднань і відгалужень проводів і жил кабелів за допомогою опресування, зварювання, спеціальних затискачів для зниження перехідних опорів, безпечних у пожежному відношенні;
- заземлення устаткування згідно ПУЕ;
- первинні засоби пожежогасіння на трансформаторних підстанціях згідно з правилами пожежної

безпеки в компаніях, на підприємствах та в організаціях електричної галузі України;

- пояснювальні знаки за ГОСТ 12.4.026-79, що вказують місцезнаходження засобів пожежогасіння;
- забезпечення під'їзду пожежних машин до об'єкту.

Пожежна безпека забезпечується застосуванням негорючих конструкцій, заземленням устаткування, автоматичним відімкненням струмів короткого замикання, дотриманням нормативних габаритів та вимог ізоляційних матеріалів, виконанням відгалужень до вводів в КТП ізольованими проводами.

### **3.6 Оцінка можливості виникнення та розвиток аварійних ситуацій**

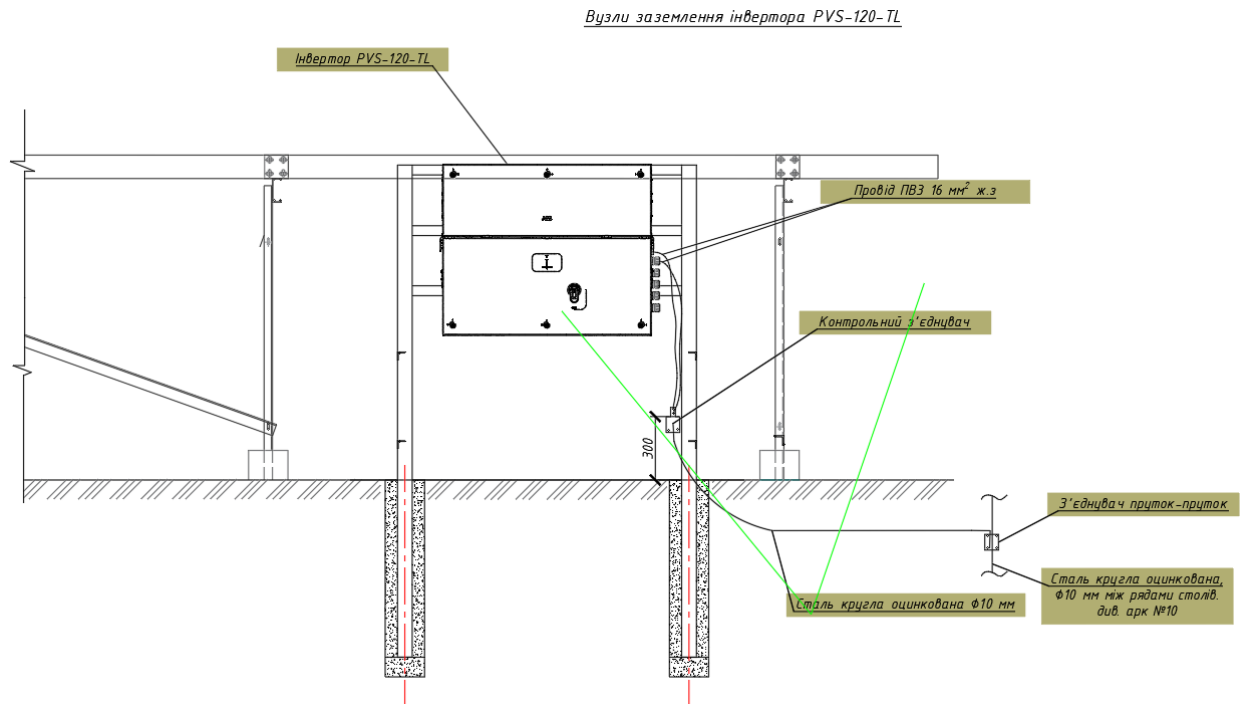
На території СЕС можливе виникнення лише локальних НС (що не виходять за межі території майданчика). Можливим є виникнення надзвичайної ситуації - пожежі у спорудах, на комунікаціях та технологічному обладнанні. Основним джерелом небезпеки є електротрансформатор. Під час пожежогасіння трансформатору передбачається злив масла у аварійний маслозбірник, який влаштовується індивідуально під трансформатором. В разі загоряння трансформатора, масло і вода в повному обсязі приймаються маслозбірником, що дозволяє швидко локалізувати і ліквідувати аварійну ситуацію. У маслозбірнику, після пожежогасіння трансформатору, вода, що забруднена маслом, повинна відстоятись для розділу середовищ. Після чого верхній шар масла відкачується і відвозиться на регенерацію до спеціалізованого підприємства. Ніжній шар води, забруднений нафтопродуктами, відвозиться на очистку до спеціалізованих очисних споруд. Можна зробити висновок що завдяки прийнятим проектним рішенням, при дотриманні правил будівництва та експлуатації, проєктований об'єкт негативного впливу на ґрунтовий покрив не спричинить.

### **3.7 Розрахунок захисного заземлення**

#### Розрахунок заземлення інвертора

Конструктивна частина заземлення інвертора виконана таким чином, що провід заземлення прикріплений до контрольного з'єднувача який знаходиться на столі, після чого йде у землю. Схема заземлення зображена на Рис.3.1

Рис.3.1 Схема заземлення інвертора



Для розрахунку опору заземлювача скористаємось формулами:

$$R_{\text{Пов.}} = \frac{\rho}{\pi l} \ln \frac{2l}{d} = \frac{102}{\pi 3} \ln \frac{2 \cdot 3}{0.01} = 2.81 \text{ Ом};$$

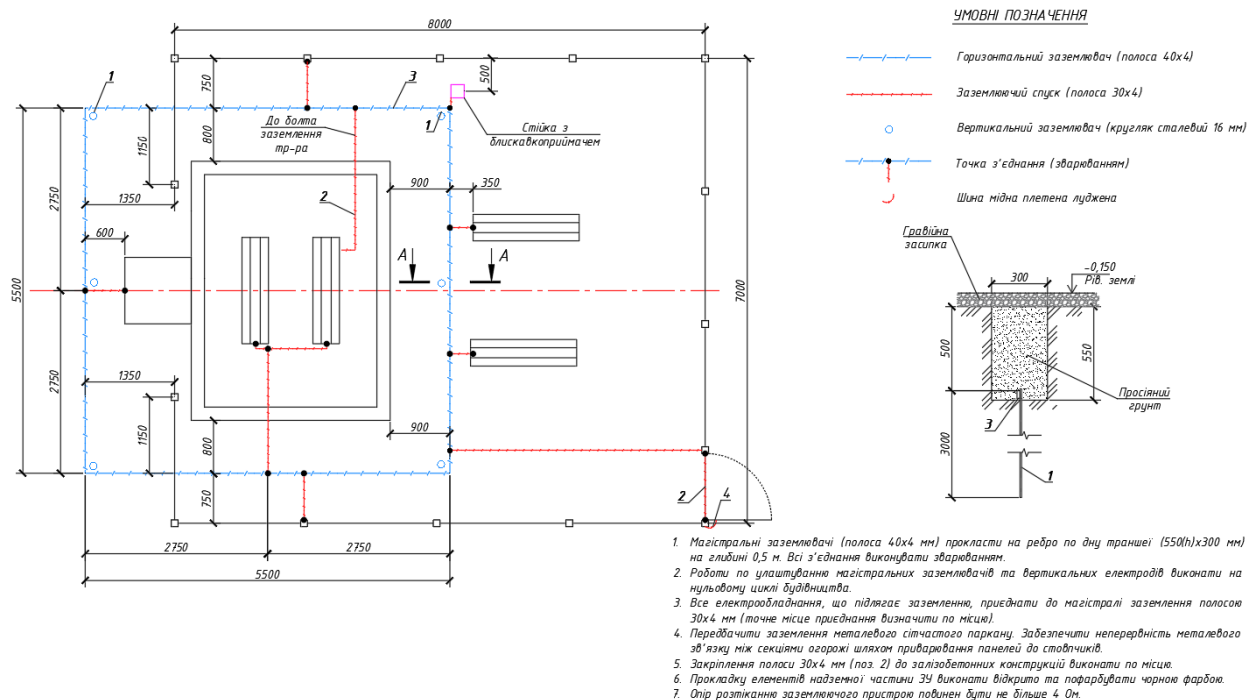
$$R = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{l^2}{dt} = 2.81 \text{ Ом};$$

де  $\rho$  - питомий опір ґрунту, Ом\*м,  $l$  – довжина заземлювача, м;  $d$  - діаметр круглого заземлювача, м;  $t$  – відстань від поверхні землі до центра заземлювача, м;  $a$ ,  $b$  – ширина і довжина пластинчастого заземлювача, м.

### Розрахунок заземлення КТП

Конструктивна частина заземлення КТП виконана таким чином, що з обладнання йде заземлюючий провід до контуру який знаходиться у землі. Контур приєднаний до заземлюючих прутів. Схема заземлення зображена на Рис.3.2

Рис.3.2 Схема заземлення КТП



Для розрахунку опору заземлювача скористаємось формулами:

$$R_{\text{занур.в.зем}} = \frac{\rho}{2\pi l} \left( \ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t+l}{4t-l} \right) = \frac{\rho}{2\pi l} \left( \ln \frac{2*3}{0.016} + \frac{1}{2} \ln \frac{4*0.8+3}{4*0.8-3} \right) = 0.78 \text{ Ом};$$

$$R_{\text{плост.}} = \frac{\rho}{2\pi a} \left( \ln \frac{4a}{b} + \frac{a}{2t_0} \right) = \frac{102}{2\pi * 5.5} \left( \ln \frac{4*5.5}{5.5} + \frac{5.5}{2*0.5_0} \right) = 0.82 \text{ Ом};$$

$$R_{\text{поверх.земл.}} = \frac{\rho}{\pi l} \ln \frac{2l}{d} = \frac{102}{\pi * 2.3} \ln \frac{2*2.3}{0.015} = 0.809 \text{ Ом}$$

де  $\rho$  - питомий опір ґрунту, Ом\*м,  $l$  – довжина заземлювача, м;  $d$  - діаметр круглого заземлювача, м;  $t$  – відстань від поверхні землі до центра заземлювача, м;  $a, b$  – ширина і довжина пластинчастого заземлювача, м.

### Розрахунок заземлення РП

Конструктивне виконання заземлення РП аналогічне з заземленням КТП. Схема зображення заземлення зображена на Рис.3.3



## **4. Економічний розділ**

## Вступ

В даній дипломній роботі актуальність полягає в тому, що все більше і більше замовників хочуть йти в ногу з часом. Їм для поняття картини будівництва об'єкта вже мало звичайних креслень. Тому все більше набуває популярність моделювання проектів у 3D. Основною задачею моделювання служить уявлення про майбутнє об'єкта або предмета адже для того, щоб випустити який-небудь об'єкт необхідно чітко розуміння його конструктивних особливостей в найдрібніших деталях для подальшого відтворення в промисловому дизайні або архітектурі.

Завдяки моделюванню об'єкта у 3D можна рішити такі завдання як: економія часу на створення моделей які в подальшому будуть використовувати в будівництві, при використанні 3D моделі, у виконавця виходить більш докладно у всіх деталях та нюансах донести до замовника і кінцевого споживача всі переваги і особливості продукту.

За часту замовник більш охоче приймає рішення в позитивну сторону, тим самим скорочуються терміни, не до розуміння при цьому просто зникає. 3D модель проекту дозволяє донести весь зміст запропонованого.

Завдяки моделюванню у 3D кількість годин та працівників на проектування знижується, тому затрати на розробку проектної частини об'єкту зменшуються.

#### 4.1 Розрахунок капітальних витрат

Для розрахунку капітальних витрат нам потрібно вартість електрообладнання. Вартість електрообладнання беремо з кваліфікаційної роботи «Розрахунок режимів та вибір обладнання сонячної електростанції потужністю 20 Мвт». Вони дорівнюють 379 642 332 грн.

Для подальшого розрахунку проектного технічного рішення можна включати:

- 1) Витрати на придбання обладнання, техніки, технології, технічних засобів контролю та обліку витрачання ресурсів, приладів діагностики стану обладнання тощо;
- 2) Витрати, на виконання будівельно-монтажних робіт;
- 3) Витрати на монтаж-налагоджувальні роботи;
- 4) Витрати на проведення проектно-конструкторських робіт, підготовка персоналу та інші роботи.

При визначенні величини проектних капіталовкладень ( $K_{пр}$ ) можна скористатися формулою:

$$K_{пр} = K_{об}(\sum_{i=1}^k C_i) + Z_{тзс} + Z_m + Z_n + Z_{пр}, \quad (4.1)$$

де  $K_{об}(\sum_{i=1}^k C_i)$  – вартість придбання електрообладнання (засобів автоматизації, програмного забезпечення тощо) за проектом або сумарна вартість комплектуючих елементів  $i$  - го виду, необхідних для реалізації прийнятого технічного рішення;

$k$  - кількість необхідних комплектуючих елементів;

$Z_{тзс}$  – транспортно-заготівельні і складські витрати;

$Z_m$  – витрати на монтажні роботи;

$Z_n$  - витрати на налагоджувальні роботи;

$Z_{пр}$  – інші одноразові вкладення грошових коштів.



Витрати на монтажні та налагоджувальні роботи можна визначити на формулою:

$$З_{м(н)} = \sum (Ч_i * a_i * t_i) * K_d * K_{см} * K_{пр} \quad (4.2)$$

Де  $Ч_i$  – чисельність працівників  $i$ -го розряду, необхідних для виконання певного обсягу монтажних (налагоджувальних робіт), чол.;

$a_i$  – годинна тарифна ставка працівника  $i$ -го розряду, грн.;

$t_i$  – час, необхідний для виконання певного обсягу монтажних (налагоджувальних робіт), год.;

$K_d$  – коефіцієнт, що враховує розмір доплат;

$K_{см}$  – коефіцієнт, що враховує єдиний соціальний внесок;

$K_{пр}$  – коефіцієнт, що враховує інші витрати на здійснення монтажних (налагоджувальних) робіт.

Визначаємо витрати на монтажні роботи:

- Кількість будівників-монтажників - 65 чол.;
- Годинна ставка - 90 грн/год;
- Час для виконання монтажних робіт - 640 годин;
- Коефіцієнт, що враховує розмір доплат - 1,14;
- Коефіцієнт, що враховує єдиний соціальний внесок – 1,22;
- Коефіцієнт, що враховує інші витрати на здійснення монтажних робіт – 1,2.

За формулою 4.2 розраховуємо витрати на монтажні роботи:

$$З_m = (65 * 90 * 640) * 1,14 * 1,22 * 1,2 = 6\,248\,586 \text{ грн.},$$

Аналогічно робимо розрахунок для витрат на налагоджувальні роботи, але кількість працівників, годинна ставка та час для виконання будуть інші.

Визначаємо витрати на монтажні роботи:

- Кількість робітників налагоджувальників - 3 чол.;
- Годинна ставка - 105 грн/год;
- Час для виконання монтажних робіт - 80 годин;

$$З_{\text{н}} = (3 * 105 * 80) * 1,14 * 1,22 * 1,2 = 42\,057 \text{ грн.},$$

Транспортно-заготівельні і складські витрати визначаються з тарифної ставки транспорту та кількості годин користування.

- Кількість транспорту – 4 шт.
- Тарифна ставка 800 грн/год.
- Кількість годин користування – 600 год.

$$З_{\text{ТЗС}} = (4 * 800 * 600) = 1\,920\,000 \text{ грн.},$$

Визначаємо інші одноразові вкладення грошових коштів. У проектуванні було застосовано програмне забезпечення для проектування 3D. Вартість придбання даного програмного забезпечення дорівнює 13 333 грн. за 4 місяці використання.

Визначаємо величину проектних капіталовкладень:

$$\begin{aligned} K_{\text{пр}} &= 379\,642\,332 + 1\,920\,000 + 6\,248\,586 + 42\,057 + 13\,333 \\ &= 387\,866\,298 \text{ грн} \end{aligned}$$

## 4.2 Розрахунок експлуатаційних витрат

Для розрахунку експлуатаційних витрат потрібні такі складові як:

- $C_a$  – амортизаційні відрахування;
- $C_z$  – заробітна плата обслуговуючого персоналу;
- $C_c$  – єдиний соціальний внесок;
- $C_m$  – витрати на технічне обслуговування й поточний ремонт устаткування та мереж;
- $C_э$  – вартість електроенергії, що буде споживана об'єкта проектування або витрат електроенергії;
- $C_{пр}$  – інші експлуатаційні витрати.

Таким чином, річні експлуатаційні витрати складають:

$$C = C_a + C_z + C_c + C_m + C_э + C_{пр}, \text{ грн} \quad (4.3)$$

### 4.2.1 Розрахунок амортизаційних відрахувань

Для розрахунку амортизаційних відрахувань скористаємося формулою:

$$C_a = \frac{\Phi_{п} * H_a}{100}, \quad (4.4)$$

$$C_a = \frac{379\,642\,332 * 8.2}{100} = 31\,130\,671 \text{ грн},$$

Де  $\Phi_{п}$  – первісна вартість об'єкта основних засобів;

$H_a$  – Норма амортизації.

Для знаходження норми амортизації при прямолінійному методі протягом усього періоду скористаємося формулою:

$$H_a = \frac{\Phi_{п} - Л}{\Phi_{п} * T_{п}} * 100\%, \quad (4.5)$$

$$H_a = \frac{379\,642\,332 - 5\,568\,000}{379\,642\,332 * 12} * 100 = 8.2$$

Де  $T_p$  – термін корисного використання.

$L$  – розрахункова ліквідаційна вартість основних засобів.

Для нашого випадку термін корисного використання елементів сонячної станції складає 12 років.

Ліквідаційна вартість елементів сонячної станції 5 568 000 грн.

#### 4.2.2. Розрахунок річного фонду заробітної плати

Номінальний річний фонд робочого часу одного робітника  $C_z$  визначається відповідно до режиму його роботи.

Визначити річний фонд можна за формулою:

$$F_H = (D_K - D_{CB} - D_{BIX}) * T_{ЗМ}, \quad (4.6)$$

$$F_H = (365 - 14 - 96) * 2 = 510 \text{ год.},$$

Де  $D_K$ ,  $D_{CB}$ ,  $D_{BIX}$  – кількість календарних, святкових і вихідних днів у році відповідно;

$T_{ЗМ}$  – тривалість зміни, годин.

Результати розрахунків наведені у таблиці 4.2

Табл.4.2

№	Найменування професій робітників	Явочний штат у змїну, осіб	Годинна тарифна ставка	Номінальний річний фонд робочого часу, годин	Усього основна зарплата, грн.
1	Обслуговуючий персонал	2	50	510	2 100
2	Охоронець	2	40	3060	7 200
3	Усього	4			9 300

Додаткова заробітна плата – це винагорода за працю понад встановлених норм, за особливі умови праці. До додаткової заробітної плати належать премії, пов'язані з виконанням виробничих завдань і функцій за діючими на підприємстві преміальними системами, доплати і надбавки, гарантійні і компенсаційні виплати, передбачені чинним законодавством (за роботу в нічний і вечірній час, у важких і шкідливих умовах, за багатозмінний режим роботи, за керівництво бригадою незвільненим бригадирам, за навчання учнів тощо).

Додаткова заробітна плата обслуговуючого персоналу визначається в розмірі 8-10% від основної заробітної плати.

Таким чином, загальна величина річного фонду заробітної плати складає:

$$C_3 = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{дод}}, \quad (4.7)$$

$$C_3 = 9\,300 + 9\,300 * 0,09 = 10\,137 \text{ грн.}$$

#### 4.2.3 Єдиний соціальний внесок

Єдиний соціальний внесок визначається на підставі встановленого чинним законодавством відсотка від суми основної та додаткової заробітної плати. Законодавством України на 2019 рік єдиний соціальний внесок дорівнює 22%.

$$C_c = C_3 * 0,22 \quad (4.8)$$

$$C_c = 25\,179 * 0,22 = 5\,539 \text{ грн.,}$$

#### 4.2.4 Визначення інших витрат

Інші витрати по експлуатації об'єкта проектування включають витрати з охорони праці, на спецодяг та ін. Згідно з практикою, ці витрати визначаються у розмірі 4% від річного фонду заробітної плати обслуговуючого персоналу.

$$C_{\text{пр}} = 25\,179 * 0,04 = 1007 \text{ грн.}$$

Розраховуємо експлуатаційні витрати:

$$C = 31\,130\,671 + 25\,179 + 5\,539 + 1007 = 31\,162\,396 \text{ грн}$$

#### Висновки

Після проведення розрахунків ми отримали такі данні: Капітальні витрати 387 866 298 грн. Експлуатаційні витрати 31 162 396 грн.

Висновки, щодо розрахунку капітальних витрат можна зробити такі, що після завершення будівництва кошти призначені для створення і придбання основних фондів і нематеріальних активів, що полягають амортизації були використані раціонально.

Витрати на експлуатацію та обслуговування об'єкта за рік не перевищують запланованих витрат.

У ході розрахунку були розраховані такі пункти як: амортизаційні відрахування термін використання обладнання якого становить 12 років після чого його можна продати за 5 568 000 грн.; Заробітна плата обслуговуючого персоналу, так як на станції майже не потрібне обслуговування, заробітна плата приблизно дорівнює мінімальній.; Єдиний соціальний внесок був обраний 22% [2] Цей відсоток на 2019 рік. Та інші експлуатаційні витрати обрали 4%. Згідно

практики, ці витрати визначаються з фонду заробітної плати обслуговуючого персоналу.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Після виконання дипломного проекту можна зробити такі висновки, що в справжній чай все більше і більше набуває популярність альтернативна енергетика. Все більше фірм та корпорацій проектують, будують та виводять в експлуатацію різні електростанції з альтернативним отриманням електроенергії. Однією з них була наша сонячна станція ПП "НАЦПРОД" потужністю 19,5 МВт. При проектуванні цієї станції серцем стали Фотоелектричні модулі фірми Rizen RSM-72-6-3345M потужністю 345 Вт та Інвертори PVS-120 потужністю 120 Вт.

При проектуванні сонячної електричної станції були використувані технології 3D моделювання. Ці технології допомогли побачити кінцевий результат, але тільки на екрані монітора. Завдяки проектування в 3D в цій роботі ми побачили як може виглядати фотоелектрична панель, інвертор, трансформатор, роз'єднувач та інші обладнання сонячної електростанції. Після моделювання усіх компонентів які входять до електростанції, відбулася компоновка, яка показала як буде воно виглядати у реальному житті. Компоновка показує як виглядає стіл з фотоелектричними модулями, комплектна трансформаторна підстанція та розподільчий пункт.

Після виконання електричної електростанції у 3D візуалізації можна зробити висновок, що моделювання це не таке просте діло як здається, для компонування електростанції повинні бути навички з електротехніки та електропостачання. Багато людей вважають, що моделювання це тільки красива картинка, але це не так. В процесі виконання моделі їй можна призначити матеріал, масу, об'єм, перерахувати мазу виходячи з об'єму, можна задавати залежності однієї деталі від другої, та багато іншого.

Мій головний висновок – це те, що зараз всім організаціям які проектують треба проектувати в 3D, бо це не тільки зручніше та швидше для самого проектувальника, але дає більшу зацікавленість замовнику, бо замовник зможе побачити усю картину свого об'єкту, що буде.



## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Risen ФЕМ [Електронний документ] режим доступу  
<https://vipmart.com.ua/p606712084-solnechnaya-batareya-risen.html>
2. АВВ Інвертор [Електронний документ] режим доступу  
<https://solnechnaya-energiya-ukrainy.prom.ua/p942445726-invertory-avv-pvs.html>
3. КТП комплектація [Електронний документ] режим доступу:  
<https://elektroprom.com.ua/p143105050-250035kva-transformator-silovoj.html>  
<https://eco-system.com.ua/blok-rubilnik-vertikalnyy-3-polyusnyy-ars-2-6-m-dlya-nozhevyh-predohraniteley.html>  
<https://sek.com.ua/ogranichitel-perenapryageniya-etitec-a-500-5-c-no>  
<https://prom.ua/p335024145-razedinitel-rdz2-351000.html>  
<https://ukrelektro.com.ua/p4429936-ogranichitel-perenapryazhenij-opn.html>  
 РП комплектація [Електронний документ] режим доступу:  
<https://russian.alibaba.com/product-detail/ovb-vbf-36-25-32-abb-outdoor-vacuum-circuit-breaker-abb-ovcb-60795353282.html>  
 Кабелі [Електронний документ] режим доступу:  
<https://electrotorg.biz.ua/product/apvegapu-6-1h7035>  
<https://electrotorg.biz.ua/product/apvegapu-6-1h9535>  
<https://e-kc.ru/cena/cable-apvvg-3-120-1-70>
4. ІМЕ Трансформатор Струму [Електронний документ] режим доступу  
<https://axiomplus.com.ua/izmeritelnye-transformatory/product-64406/>
5. АВВ мікропроцесорний пристрій захисту [Електронний документ] режим доступу  
<http://www.elektroshchit.ru/abb-relejnjaja-zashhita-i-avtomatika/9-ref615-pza-abb-rele-zashhity-fidera.html>
6. Satec контроль якості [Електронний документ] режим доступу  
<https://madek.ua/products/kontrolno-izmeritelnye-pribory/katalog-satec/1644-pm175>

7. АВВ Трансформатор Струму [Електронний документ] режим доступу  
[http://абб-електрика.пф/catalog/transformatory\\_toka/abb\\_transformator\\_toka\\_500\\_5a\\_klass\\_0\\_5\\_10va\\_pod\\_shinu\\_secheniem\\_do\\_40kh10mm/](http://абб-електрика.пф/catalog/transformatory_toka/abb_transformator_toka_500_5a_klass_0_5_10va_pod_shinu_secheniem_do_40kh10mm/)
8. АВВ Трансформатор Напруги [Електронний документ] режим доступу  
<https://electroseti.org.ua/p644394576-transformator-tjo-abb.html>
9. Луцко І.М., Кошеленко Є.В., Циган П.С. Методичні вказівки до самостійної роботи «Децентралізовані системи електропостачання»
10. Методичні вказівки до самостійної роботи «Децентралізовані системи електропостачання»
11. Державні стандарти України - <http://standarts.info/dsty>
12. Шкуринський Г., Бочаров В., Сприса В., «Норми випробування електрообладнання СОУ-Н ЕЕ 20.302:2007» - 2007р., 257 с.
13. Тимошенко Л.В., Дементьєва Н.В., Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломної роботи
14. Рожкова Л.Д., Козулін В.С., «Электрооборудование станций и подстанций» - 1980 р.
15. Кігель Г.А., Півняк Г.Г., «Електричні мережі систем електропостачання» - Д.: Національний гірничий університет, 2011 р., 318 с.
16. Кігель Г.А., Півняк Г.Г., Шидловський А.К., Рибалко А.Я., Хованська О.І., «Особливі режими електричних мереж» » - Д.: Національний гірничий університет, 2009 р., 376 с.
17. <https://www.autodesk.ru/products/inventor/features>
18. <http://www.ribeirosolar.com.br/wp-content/uploads/2018/05/Manual-PVS-100e-120kW.pdf>
19. <https://forca.ru/spravka/tt-i-tn/tjo-7-abb.html>
20. <https://samelectrik.ru/tehnicheskie-xarakteristiki-kabelya-avvg.html>
21. ПУЕ - <https://ua.energy/wp-content/uploads/2018/06/ПУЕ.pdf>.

## ДОДАТОК А

		Позначення	Найменування	Кількість	Примітка
1					
2			Документація		
3					
4	A4	СЕР.ПД.19.08.ПЗ	Пояснювальна записка	84	
5					
6			Графические материалы		
7					
8	A1			1	
9	A1			1	
10					
11					
12					

## ДОДАТОК Б